TÉCNICO LISBOA

Projeto de arquitetura para minimizar as operações de manutenção

Aplicado a fachadas em vidro

Ana Cristina Argaínha Fonseca

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Construção e Reabilitação

Júri

Presidente:	Professor Doutor Pedro Manuel Gameiro Henriques
Orientador:	Professor Doutor Fernando António Baptista Branco
Vogal:	Professora Doutora Inês dos Santos Flores Barbosa Colen

Janeiro de 2013

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação marca o fim de uma importante etapa da minha vida. Mais do que um trabalho individual, este trabalho é o resultado da colaboração de várias pessoas, num processo que foi em tudo, menos solitário. Por esta razão quero expressar os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram de forma decisiva para a sua concretização.

Em primeiro lugar agradeço ao Prof. Doutor Fernando António Baptista Branco a consideração de ter aceite a orientação da minha dissertação e a forma como seguiu o meu trabalho, as notas dominantes e as suas recomendações ao longo deste período, assim como a cordialidade com que sempre me recebeu, tendo sido o seu apoio decisivo para que este trabalho contribuísse para o meu desenvolvimento pessoal, académico e profissional.

Agradeço a todos aqueles que foram meus professores no Instituto Superior Técnico, que possibilitaram o enriquecer da minha formação, pelo seu apoio, motivação, simpatia, disponibilidade, amizade e honestidade no ensino.

Manifesto um sentido e profundo reconhecimento à minha família, nomeadamente os meus pais Aline e José, à minha irmã Paula e ao meu namorado André pelo estímulo e apoio incondicional desde a primeira hora, pela paciência, grande amizade e amor com que sempre me ouviram e pela sensatez com que diariamente me ajudaram ao longo dos dois últimos anos, aos quais dedico esta dissertação. Expresso sentimento idêntico em relação a todos os meus amigos de longa data e aos meus colegas de mestrado, pelos momentos de entusiasmo partilhados em conjunto.

À Arqt.ª Conceição Macedo, ao Arqt.º Dante de Macedo e a todos os meus colegas de trabalho agradeço a disponibilidade, a compreensão, o entusiasmo, a motivação e as sugestões transmitidas durante a elaboração da dissertação.

A todos os elementos das empresas e instituições responsáveis pelos edifícios casos de estudo agradeço pela forma amável, aberta e atenciosa como fui recebida, nas respectivas instalações, e pela disponibilidade no fornecimento do material de apoio necessário, nomeadamente o Eng.º Hugo Silva, responsável pelo núcleo de Obras do Instituto Superior Técnico, a Dr.ª Joana Branco, da Direção de Marketing, Desenvolvimento de Negócio e Suporte a Clientes da PTPRO, o Eng.º Bruno Dagnino, responsável pela gestão do edifício de Entrecampos da PTPRO, a Dr.ª Alexandra Fragoso, responsável pela Direção de Relações Públicas do Casino de Lisboa, o Sr.º Pedro Morais, chefe dos Serviços Técnicos e Manutenção do Casino de Lisboa, o Sr.º Carlos Anastácio e a Dr.ª Maria Fátima Nave do Departamento

de Finanças e Administração da Novabase, o Arqt.º Pedro Coelho e o Sr.º José Marques, responsáveis pelos Serviços Técnicos e Manutenção do edifício Impala e ao Sr.º António Brito coordenador dos Serviços de Manutenção, da empresa Lex Urben, dos condomínios Estoril Sol Residence e Green Park.

Gostaria ainda de agradecer à Eng.ª Sónia Raposo, do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, ao Eng.º Nelson Soares, responsável pela Gestão e Manutenção do Centro Comercial Fórum Sintra pela empresa Multi Mall Management Portugal e ao Arqt.º João Veríssimo da EPUL, a quem agradeço todo o apoio e disponibilidade sempre manifestada.

Finalmente, a todos os que tornaram, direta e indiretamente, possível a execução deste trabalho, estimulando-me intelectual e emocionalmente, o meu profundo e sentido agradecimento.

RESUMO

Todos os edifícios começam a deteriorar-se desde o momento em que estão completos, e é a partir desta altura que é necessária a manutenção, de forma a preservar o edifício em boas condições para a eficaz utilização durante a sua vida útil.

No processo de concepção arquitectónica são tomadas diversas opções, quer ao nível formal, volumétrico e na escolha de materiais, que afetam o desempenho do edifício e como tal a sua durabilidade, verificando-se que nem sempre as soluções estudadas têm em consideração essa afetação.

Desta forma, pretendeu-se para este trabalho a partir da definição das anomalias detetadas, motivadas por erros de projeto de arquitetura, traduzidos em erros de concepção, no uso de sistemas construtivos inadequados, no erro de prescrição de materiais ou no deficiente desenho dos elementos construtivos, fazer recomendações para o desenho das fachadas em vidro de edifícios.

Para definir estes dados e de forma a avaliar a influência das opções do arquiteto durante a vida útil do edifício, observou-se um conjunto de construções com diferentes linguagens, localizações, funções e respetivas preocupações com a sua manutenção, procurando identificar o seu desempenho face às exigências funcionais e estéticas da construção.

A obtenção da qualidade e da vida útil esperada de uma fachada em vidro deve ter em consideração, em primeiro lugar, a função pretendida para a mesma, podendo assim dar início à sua concepção a partir de um sistema escolhido apropriado à tipologia da construção.

É importante também ter em consideração e beneficiar do conhecimento dos fornecedores deste tipo de elemento, integrando todas as necessárias precauções para evitar o mais possível qualquer tipo de patologia, aprovisionando em projeto as necessidades para os trabalhos de manutenção e a sua frequência, através de um correto e fácil acesso à fachada do edifício. A programação destes trabalhos é essencial, à partida, para responder ao limite expectável da vida útil dos elementos, parte do sistema de fachada em vidro prevendo as necessidades de substituição, reparação e limpeza evitando anomalias com maior gravidade para o conjunto.

PALAVRAS-CHAVE: Projeto de Arquitetura; Fachadas em Vidro; Manutenção; Vida útil.

ABSTRACT

Buildings start to deteriorate since they are completely finished. From this point on it is necessary to proceed to maintenance work to keep the construction in good condition for its effective use.

During the architectural design process several options must be taken, not only formal and volumetric, but also options concerning the construction materials, which affect the performance of the building and, consequently, its durability. These options do not always take such issues into account.

This dissertation, started with the definition of the anomalies detected - caused by architectural project errors, assimilated as design errors; use of inadequate construction systems; defective advice on construction materials or faulty design of the constructive elements - and was intended to make some recommendations for a correct architectural design of the glass facades.

To get this information and to assess the influence of the architect's options in the performance of the building, a group of buildings with a different appearance, location, function and requiring different kinds of maintenance were observed, seeking to identify performance situations regarding the functional and aesthetic requirements of the construction.

To obtain the quality and the life cycle expected, it is therefore important to consider, first of all, the required function for the facade and then initiate its drawing, by following the chosen system. The design must be appropriated to the type of construction, and should benefit from the suppliers' knowledge of this type of construction element, incorporating all the necessary requirements to avoid any type of pathology, taking into account, at project level, the necessary maintenance work, since its cleaning to the replacement of some elements and frequency, with a correct and easy access to the building's facade. The scheduling of this work is essential to respond to the expected life cycle of elements, part of the glass facade system, in order to evaluate the need for replacement or repairs, to avoid anomalies with major severity to the set.

KEYWORDS: Architecture Project; Glass Facade; Maintenance; Life Cicle

Projetar é fácil quando se sabe o que fazer. Tudo se torna fácil quando se encontra o modo de proceder para alcançar a solução de algum problema, e os problemas que se nos deparam na vida são infinitos. Problemas simples que parecem difíceis porque não se conhecem os problemas que se mostram impossíveis de resolver.

MURANI (1981)

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS ..... **I**

RESUMO ..... **III**

ABSTRACT ..... **V**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **XIII**

ÍNDICE DE QUADROS ..... **XV**

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS ..... **XVII**

1. INTRODUÇÃO **1**

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS 1

1.2. OBJECTIVOS DA DISSERTAÇÃO 2

1.3. METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO 4

1.3.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA 4

1.3.2. DEFINIÇÃO E VISITA AOS CASOS DE ESTUDO 4

1.3.3. ANÁLISE DOS CASOS DE ESTUDO 5

1.3.3.1. LIMITAÇÃO DOS PARÂMETROS DE OBSERVAÇÃO 5

1.3.3.2. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS 5

1.3.4. ELABORAÇÃO DA DISSERTAÇÃO 5

1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO 6

2. ESTADO DA ARTE **9**

2.1. NOTAS INTRODUTÓRIAS 9

2.2. MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS 10

2.2.1. DEFINIÇÃO DO CONCEITO 10

2.2.2. MANUTENIBILIDADE 11

2.2.3. PRINCIPAIS TIPOS DE MANUTENÇÃO 11

2.2.3.1. MANUTENÇÃO PREVENTIVA 12

2.2.3.2. MANUTENÇÃO PREDITIVA 14

2.2.3.3. MANUTENÇÃO REATIVA 15

2.2.3.4. MANUTENÇÃO DE MELHORAMENTO 15

2.2.4. Operações de manutenção 16

2.2.5. Elementos fonte de manutenção 17

2.2.6. Evolução histórica 18

2.2.7. Situação em Portugal e noutros países 19

2.2.8. Caracterização geral da manutenção 23

2.3. Vida útil 24

2.3.1. Definição do conceito 24

2.3.2. Principais tipos de vida útil 27

2.3.2.1. Vida útil económica 28

2.3.2.2. Vida útil funcional 28

2.3.2.3. Vida útil física 29

2.3.3. Métodos de previsão da vida útil física 30

2.3.3.1. Método dos factores 31

2.3.3.2. Método probabilistico 34

2.3.3.3. Método experimental 36

2.3.4. Regulamentação nacional e internacional aplicada à vida útil dos elementos construtivos 36

2.3.4.1. Casos nacionais 37

2.3.4.2. Casos internacionais 39

2.3.5. Caracterização geral da vida útil 40

2.4. Síntese 42

3. Incorporação de Estratégias de manutenção em Projeto 45

3.1. Notas introdutórias 45

3.2. Planeamento da manutenção 45

3.2.1. Concepção arquitetónica 46

3.2.2. Seleção dos materiais 50

3.2.3. Previsão das operações de manutenção 51

3.3. Síntese 54

4. Metodologia para as fachadas em vidro 57

4.1. NOTAS INTRODUTÓRIAS 57

4.2. DESEMPENHO E CONCEPÇÃO 58

4.2.1. EXIGÊNCIAS E GARANTIA DE QUALIDADE 59

4.2.2. PROJETO 62

4.2.2.1. TIPOLOGIAS 63

4.2.2.2. ESPECIFICIDADES E EXIGÊNCIAS PARA A APLICAÇÃO DO VIDRO 70

4.2.3. ACESSIBILIDADE PARA A MANUTENÇÃO 74

4.3. AGENTES DE DEGRADAÇÃO 75

4.3.1. FACTORES QUE AFECTAM A DURABILIDADE 76

4.3.1.1. DETERIORAÇÃO PELA PRESENÇA DE ÁGUA 80

4.3.1.2. FALHA DO SISTEMA PELA ROTURA TÉRMICA DO VIDRO 82

4.4. TIPOS E PERIODICIDADE DA MANUTENÇÃO 83

4.5. AS OPÇÕES DE PROJECTO E POSTERIOR MANUTENÇÃO 85

4.6. SÍNTESE 86

5. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA AOS EDIFÍCIOS EM SERVIÇO 89

5.1. NOTAS INTRODUTÓRIAS 89

5.2. CASOS DE ESTUDO 90

5.2.1. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO E TIPOLOGIA 90

5.2.1.1. ESTORIL SOL RESIDENCE EDIFÍCIO CASCAIS 90

5.2.1.2. CASINO LISBOA 91

5.2.1.3. TORRE NORTE INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO 93

5.2.1.4. EDIFÍCIO SEDE NOVABASE *94*

5.2.1.5. EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS CONDOMÍNIO GREEN PARK *96*

5.2.1.6. EDIFÍCIO PT PRO *97*

5.2.1.7. EDIFÍCIO IMPALA *99*

5.2.2. PARÂMETROS DE OBSERVAÇÃO 100

5.3. ANOMALIAS VERIFICADAS E CAUSAS PROVÁVEIS 101

5.3.1. ROTURA DO VIDRO *101*

5.3.2. RISCOS E ENTALHES NO VIDRO *105*

5.3.3. PROBLEMAS AO NÍVEL DA SELAGEM *106*

5.3.4. CORROSÃO DO METAL DA ESTRUTURA *107*

5.3.5. ESCORRÊNCIAS *108*

5.3.6. OUTRAS *110*

5.4. SITUAÇÕES ADOPTADAS APÓS OCUPAÇÃO DO EDIFÍCIO 111

5.5. SÍNTESE 113

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 115

6.1. CONCLUSÕES 115

6.2. PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTOS FUTUROS 116

BIBLIOGRAFIA 119

ANEXOS A1

ANEXO 1 - FICHA CASO DE ESTUDO A3

ANEXO 2 - FICHA DE ANOMALIAS E AGENTES DE DEGRADAÇÃO A6

ANEXO 3 – QUADRO SÍNTESE ANÁLISE CASOS DE ESTUDO A7

ÍNDICE DE FIGURAS

2. ESTADO DA ARTE

Figura 2.1 – Principais tipos de manutenção 12

Figura 2.2 – Divisão do edifício em camadas.....17

Figura 2.3 – Principais tipos de vida útil.....27

4. METODOLOGIA PARA AS FACHADAS EM VIDRO

Figura 4.1 – Distribuição dos sinistros analisados e do custo dos trabalhos de reparação de danos em função dos elementos construtivos 57

Figura 4.2 – Fachada de Cortina – Solução VEC (Vidro Exterior Colado) 66

Figura 4.3 – Fachada de Cortina – Solução VEP (Vidro Exterior Preso) 66

Figura 4.4 – Fachada de Cortina – Solução VEA (Vidro Exterior Agrafado) 68

Figura 4.5 – Fachada Dupla 68

Figura 4.6 – Fachadas de vidro duplo de fixações integradas, edifício Impala.....69

Figura 4.7 – Fachada ventilada com revestimento em vidro, edifício Casino de Lisboa..... 69

Figura 4.8 – Equipamentos colectivos permanentes e temporários para fachadas.....75

Figura 4.9 – Ação da gravidade.....81

Figura 4.10 – Ação da energia cinética.....81

Figura 4.11 – Tensão superficial da água.....82

Figura 4.12 – Ação capilar.....82

5. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA AOS EDIFÍCIOS EM SERVIÇO

Figura 5.1 – Estoril Sol Residence Edifício Cascais.....91

Figura 5.2 – Implantação Estoril Sol Residence Edifício Cascais.....91

Figura 5.3 – Casino de Lisboa 92

Figura 5.4 – Implantação Casino de Lisboa 93

Figura 5.5 – Torre Norte do Instituto Superior Técnico.....94

Figura 5.6 – Implantação Torre Norte do Instituto Superior Técnico.....94

Figura 5.7 – Edifício Sede Novabase.....95

Figura 5.8 – Implantação Edifício Sede Novabase.....95

Figura 5.9 – Condomínio Green Park.....97

Figura 5.10 – Implantação Condomínio Green Park.....97

Figura 5.11 – Edifício PTPRO.....98

Figura 5.12 – Implantação Edifício PTPRO.....98

Figura 5.13 – Edifício Impala.....99

Figura 5.14 – Implantação Edifício Impala.....100

Figura 5.15 – Rotura vidro exterior laminado, Edifício Impala.....103

Figura 5.16 – Rotura vidro exterior temperado, Torre Norte IST.....103

Figura 5.17 – Rotura vidro interior laminado, Torre Norte IST.....104

Figura 5.18 – Rotura vidro exterior temperado, Casino de Lisboa.....104

Figura 5.19 – Rotura vidro exterior temperado, Edifício Escritórios Green Park.....105

Figura 5.20 – Entalhes vidro exterior laminado, Edifício Impala.....105

Figura 5.21 – Riscos vidro exterior laminado, Edifício Impala.....106

Figura 5.22 – Falha unidade de isolamento, Edifício Impala.....107

Figura 5.23 – Falha unidade de isolamento, Casino de Lisboa 107

Figura 5.24 – Corrosão estrutura fachada em vidro, Condomínio Green Park 108

Figura 5.25 – Escorrências, Edifício Impala.....109

Figura 5.26 – Escorrências, Edifício Estoril Sol Residence.....109

Figura 5.27 – Escorrências, Condomínio Green Park.....109

Figura 5.28 – Manutenção com recurso a alpinista, Edifício Estoril Sol Residence.....110

Figura 5.29 – Pormenor zonas amolgadas lâminas de sombreamento exteriores, Edifício Estoril Sol Residence.....110

Figura 5.30 – Zona afectada pela limpeza das fachadas, Edifício Estoril Sol Residence.....111

Figura 5.31 – Aplicação de estores de rolo pelo interior, Edifício Sede Novabase.....112

Figura 5.32 – Cantoneira metálica, Fachada Edifício Impala.....112

ÍNDICE DE QUADROS

2. ESTADO DA ARTE

Quadro 2.1 – Sistemas e subsistemas de edifícios.....18

Quadro 2.2 – Fenómenos explicativos da perda de desempenho.....25

Quadro 2.3 – Valores médios do tempo de serviço de elementos construtivos.....31

Quadro 2.4 – Formulação do método factorial para a estimativa da vida útil dos elementos construtivos 34

3. INCORPORAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO EM PROJETO

Quadro 3.1 – Componentes da qualidade do projeto.....50

Anexos

Quadro A1 – Quadro síntese análise casos de estudo.....A7

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

- **ABRAMAN –** Associação Brasileira de Manutenção;
- **ABNT –** Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- **AEM –** Associación Española de Mantenimiento;
- **AFIM –** Association Française dês begenieurs et Responsables de Maintenance;
- **AIMAN –** Associazone Italiana Manutenzione;
- **APFM –** Portuguesa de Facilities Management;
- **ASTM** – American Society for Testing and Materials;
- **BEMAS –** Belgian Maintenance Association;
- **BOMA –** Building Owners & Manager Associations;
- **CIB –** International Council for Research and Innovation in Building and Construction;
- **EFNMS –** European Federation of National Maintenance Societies;
- **EOTA** – European Organization for Technical Aprovals;
- **EPDM –** Borracha Etileno-Propileno-Dieno;
- **FIM –** Federação Ibero-Americana de Manutenção;
- **FLM –** Federação Ibero-Americana de Manutenção;
- **FMEA –** Failure Mode and Effect Analysis;
- **IFMA –** International Facility Management Association;
- **IMI –** International Maintenance Institute;
- **ISO –** International Organization for Standardization;
- **ISQ** – Instituto Português de Qualidade;
- **IST** – Instituto Superior Técnico;
- **JIPM –** Japan Institute of Plant Maintenance
- **LNEC** – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;
- **MFS –** Maintenance and Facility Management Society of Switzerland;

- **PLM –** Performance Limits Method;
- **PVB –** Butiral de Polivinil;
- **RGE –** Regime Geral de Edificações;
- **RGEU** – Regulamento Geral de Edificações Urbanas;
- **RILEM** – International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures;
- **SPAB –** Society for the Protection of Ancient Buildings;
- **SYCODÉS** – Systéme de Collecte dês Désordes;
- **UEATC –** Union Européenne pour l'Agrément Technique dans la Construction;
- **VEA** – Vidro Exterior Agrafado;
- **VEC –** Vidro Exterior Colado;
- **VEB –** Vidro Exterior com Bite;

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A construção está, nos dias de hoje, a ser fortemente atingida por uma crise profunda que afecta os mercados financeiros e a economia real. Segundo a avaliação da produção do sector da construção do Euroconstruct, em 2012, 43% do sector da construção, hoje, resultam da reabilitação e manutenção (MADUREIRA, 2011; FERREIRA, 2007). Este facto é evidente a partir de que nas últimas décadas Portugal assistiu ao envelhecimento do seu parque habitacional, com principal incidência nos centros urbanos, atingindo elevados graus de degradação.

As inadequadas politicas de manutenção e reabilitação contribuíram em grande partem para o estado atual do património edificado no nosso país. A manutenção é um sector da atividade económica cuja atenção é ainda muito reduzida e que carece de um trabalho de investigação contínuo, comparativamente com outros países, associada a uma legislação generalista que apenas obriga a manutenção dos edifícios de 8 em 8 anos, constituindo um obstáculo na mobilização de meios adequados à sua prática. Ainda que os utentes sejam cada vez mais exigentes, o que se traduz numa melhoria dos projetos, os aspectos da manutenção de edifícios são muitas vezes, ainda hoje, ignorados nas fases de concepção, construção e utilização. Só o planeamento das suas ações permite garantir a plena utilização do edifício, durante a sua vida útil, minimizando os custos globais e rentabilizando, assim, o investimento (FLORES, 2002).

Outros países como o Reino Unido, a Itália, a França, os Estados Unidos, o Canadá e o Japão apresentam hoje metodologias que contribuem para a incrementação da área da manutenção na construção. Destacam-se alguns aspectos considerados nestes países tais como a existência de uma base de dados com os defeitos mais correntes, a prática de inspeções nacionais para a avaliação do estado dos edifícios e sua monitorização, a elaboração de planos, a longo prazo, de operações de manutenção, a existência de registos de todas as intervenções e de bases de dados com custos de manutenção, entre outros.

As envolventes exteriores dos edifícios assumem, cada vez mais, um papel de destaque na construção, não só porque estão associadas a um conjunto de factores determinantes para a utilização com conforto de uma determinada construção, como também, por se tratarem dos elementos mais susceptíveis à ação dos agentes atmosféricos, cada vez mais agressivos devido à poluição ambiental urbana e industrial.

A indústria da construção, atualmente, demonstra numerosos defeitos ao nível do envelope do edifício e falhas prematuras nos materiais aplicados. Este tipo de deficiências ou níveis mais baixos de

capacidade de serviço, do que o previsto, pode resultar em sérias consequências adversas no que diz respeito ao valor do edifício, dos seus custos de operação, do conforto dos ocupantes e ao nível do seu impacto ambiental (ROBERTSEN, 1999). A implementação das considerações necessárias, durante a fase de projeto de um edifício, permite perceber previamente o comportamento esperado dos elementos para as condições de serviço estipuladas, as características, os modelos e agentes de degradação, facilitando, durante a vida útil, o entendimento dos tipos de anomalias e as causas principais, com vista a manter os níveis de qualidade pré-definidos, otimizando as ações de manutenção requeridas e atingindo a satisfação dos utilizadores.

É neste contexto que se insere esta dissertação de mestrado e, perante esta problemática, considera-se importante abordar a temática da minimização da manutenção de edifícios, mais concretamente das fachadas em vidro, de modo a contribuir para a implementação de estratégias de manutenção pró-ativa desde a fase de projeto, de forma a racionalizar e optimizar as operações de manutenção durante a sua vida útil.

1.2. OBJECTIVOS DA DISSERTAÇÃO

A sociedade encontra-se hoje mais consciente da importância da qualidade em todos os sectores de atividade, em particular no sector da construção. O projeto tem um grande peso ao longo de todo o processo de construção, manutenção e utilização dos edifícios. Se for contabilizada a totalidade dos custos envolvidos por um edifício, desde a sua concepção à sua demolição, a fase inicial de concepção, projeto e construção representa apenas entre 15 a 20 %. Os outros 80 a 85% são custos de utilização e manutenção. No entanto, a qualidade do projeto é primordial para a redução dos custos envolvidos ao longo da vida útil do edifício (SILVA e SOARES, 2003).

Muitas vezes são negligenciados os benefícios de considerar em projeto soluções para minimizar a manutenção dos edifícios, podendo estas opções prolongar a vida útil do edifício, reduzir a taxa de defeitos e, por consequência, reduzir os custos de manutenção. É importante para as equipas responsáveis pela concepção e pela manutenção desenvolverem esta consciência e implementar politicas de manutenção desde o início do projeto, assegurando a redução dos trabalhos de manutenção, de forma a estas serem entendidas e utilizadas com sucesso durante a vida útil do edifício (ARIS, 2006).

Os defeitos nos elementos constituintes dos edifícios têm como origem, na maioria dos casos, a combinação de diversas causas relacionadas com o envelhecimento natural dos materiais, erros de projeto / concepção, na execução / colocação em obra e na manutenção e utilização, normalmente todos associados à ausência de conhecimento, informação e comunicação entre os vários intervenientes (FLORES, 2002). Interessa cada vez mais optar por soluções que respeitem elevados padrões quanto à

durabilidade e economia da utilização e manutenção, assim como a habitabilidade, o conforto e a segurança.

Tendo em conta esta realidade, é objectivo desta dissertação estruturar um conjunto de informação sobre soluções a adoptar em projeto de arquitetura, ao nível das fachadas em vidro, para minimizar a manutenção de edifícios, estudando os fenómenos da responsabilidade do arquiteto, propondo algumas recomendações para a prevenção das anomalias associadas, melhorando o desempenho da fachada do edifício.

Para que seja verificável, é primordial, na fase de concepção e projeto, prever-se o modo de efetuar as operações de manutenção e exploração. Os projetistas têm uma grande importância na escolha adequada das soluções tecnológicas, dos materiais, em termos de durabilidade e funcionalidade, na previsão da acessibilidade e das condições de segurança para a execução das operações a implementar durante a vida útil dos edifícios. É essencial assim, em fase de projeto, fazer uma seleção dos materiais e componentes a utilizar, tendo em conta a composição e as propriedades conhecidas, a vida útil e a forma de envelhecimento, a sua facilidade de remoção, de substituição ou de alteração e por fim o acesso para a sua manutenção.

Desta forma, para o desenvolvimento deste trabalho foi essencial perceber, através dos casos de estudo selecionados, como foi abordado este tema aquando a concepção do edifício e como este reagiu às decisões tomadas pelos autores. É relevante perceber as boas e más opções de projeto, conhecendo desta forma um conjunto de soluções que podem ter implicações futuras ao nível da durabilidade e da economia da exploração do imóvel, criando assim as condições necessárias para um bom investimento.

Os casos de estudo selecionados incidiram sobre construções em utilização e com diferentes tipos de atividade, podendo na amostra visualizar edifícios de habitação, serviços e escritórios.

Para o desenvolvimento do trabalho foi primordial centrar sobre a análise dos objetos de estudos, tirando partido dos mesmos, para elaborar conclusões, trazendo aos projetos de arquitetura a preocupação pela vertente técnica, privilegiando soluções de durabilidade, adoptando sistemas construtivos exigentes no processo de concepção, conseguindo sistemas optimizados, utilizando métodos e ferramentas que permitam controlar as variáveis estética, durabilidade, intervalos e meios de manutenção.

As abordagens feitas ao nível dos casos de estudo incidiram apenas sobre inspeções ao nível visual, dando indicações quando à sua possível causa e a evolução previsível, registando formas de ultrapassar as decisões tomadas, recorrendo a correções, assim como às opções com características fundamentais ao correto funcionamento do edifício e como estas estão integradas nas variadas atividades de manutenção como a verificação, a limpeza, a substituição, as pequenas e as grandes reparações.

Não existe atualmente metodologias a seguir na fase de projeto, no sentido de perspectivarem uma garantia de qualidade dos aspectos relacionados com a manutenção. É essencial iniciar a execução de documentos técnicos acessíveis aos projetistas com a inclusão dos procedimentos a adoptar e as técnicas de concepção que permitem antever o comportamento dos elementos, numa perspectiva de uma manutenção adequada evitando erros em futuros projetos.

A estruturação desta informação deve ser feita através de descrições técnicas escritas e de elementos gráficos que fundamentem as opções e justifiquem as posições em relação às metodologias a optar em projeto de arquitetura para cumprir o objectivo estipulado.

1.3. METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO

1.3.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Dado tratar-se de um tema pouco sistematizado e com bibliografia referente pouco incidente, pretende-se que a pesquisa bibliográfica fosse uma forma de aprofundamento sobre as exigências das soluções construtivas, dos elementos fonte de manutenção, das anomalias mais frequentes, entre outros dados importantes para o desenvolvimento do trabalho, tendo em conta os sistemas construtivos ao nível das fachadas em vidro, no projeto de arquitetura de um edifício.

A pesquisa bibliográfica foi um processo primordial na elaboração da dissertação, tendo sido realizada previamente às restantes etapas do trabalho, e complementada ao longo do desenvolvimento do trabalho, sempre que necessário.

Todas as referências incidem sobre publicações de natureza científica, trabalhos de investigação, comunicações de conferências e publicações, assim como sítios na *internet* e outro tipo de fontes bibliográficas reconhecidas como credíveis.

1.3.2. DEFINIÇÃO E VISITA AOS CASOS DE ESTUDO

Para recolher uma amostra como casos de estudo foi importante a escolha de imóveis com características e necessidades funcionais distintas, tendo assim, os casos selecionados, incidido sobre edifícios de habitação, de serviços e de escritórios, nas quais já existe uma preocupação pela sua manutenção, pelo recurso do dono de obra à assistência de equipas especializadas para esse efeito.

A localização geográfica, dos edifícios caso de estudo, também é alvo de observação, dada a sua grande interferência com o envelope do edifício. Estes dados devem ser considerados e sistematizados

recorrendo aos distintos ambientes, como a proximidade com o mar, a localização junto da cidade e a proximidade de vias de circulação rápida ou intensa.

1.3.3. ANÁLISE DOS CASOS DE ESTUDO

1.3.3.1. LIMITAÇÃO DOS PARÂMETROS DE OBSERVAÇÃO

Os parâmetros de observação incidem sobre as opções tomadas em projeto de arquitetura sobre os sistemas de fachadas em vidro, elemento fonte de manutenção do imóvel. Consideram as necessidades de manutenção e o tempo de vida útil destes elementos do imóvel, tendo em conta os trabalhos de substituição, de reparação, de limpeza e de renovação.

1.3.3.2. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Os dados foram analisados e interpretados através da informação recolhida durante as visitas aos casos de estudo, tendo em conta os aspectos observados. Foi definida uma hierarquia dos casos observados, a partir da sua maior ou menor implicação com os trabalhos de manutenção e a vida útil dos elementos da fachada do edifício.

Esta observação e a sua sistematização é essencial para chegar a conclusões sobre os aspectos que devem ser abordados e considerados em projeto para minimizar o processo de manutenção ao longo da vida útil do edifício, tornando-o mais funcional e aumentando as capacidades de trabalho das entidades responsáveis pela manutenção e a consequente diminuição dos custos envolvidos na utilização do imóvel, aumentando a qualidade geral da construção, identificando as boas e más opções aplicadas em projeto de arquitetura.

1.3.4. ELABORAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O desenvolvimento da dissertação iniciou-se com a pesquisa bibliográfica, a escolha e a visita dos casos de estudo relevantes para o desenvolvimento do trabalho.

A pesquisa bibliográfica foi uma fase que se prolongou no tempo da elaboração da dissertação, decorrendo em simultâneo com as restantes etapas estipuladas. Esta necessidade é reflexo do objectivo que se vai pretendendo atingir e ao aparecimento de novos dados ou então falta de documentação apropriada para a justificação e desenvolvimento do trabalho.

Após a escolha dos casos de estudo foram feitas as visitas aos edifício, tendo estas se repetido ao longo do tempo útil da elaboração do trabalho, sempre que necessário e quando o surgimento de um dado novo ou dúvida perante o constatado durante a última visita. Com as visitas concluídas foram sistematizados os dados obtidos, hierarquizados e analisados os resultados.

Por fim foram retiradas as necessárias conclusões para a elaboração de um trabalho sistematizado, para a projeção de métodos em projeto de arquitetura para minimizar as operações de manutenção ao nível das fachadas em vidro.

1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos, bibliografia e anexos.

O **capítulo 1**, consiste na introdução do tema da dissertação, assim como na primeira abordagem à necessidade atual de elaborar estudos com vista no aprofundamento de conhecimentos no âmbito da manutenção. Descrevem-se os objectivos, a metodologia da investigação e apresenta-se a organização da dissertação com um resumo de cada um dos capítulos da dissertação.

No **capítulo 2**, realiza-se um levantamento do estado da arte relativamente à temática da manutenção de edifícios e do conceito de vida útil. Definem-se os conceitos, apresentam-se as tipologias, sintetiza-se a evolução da atividade e a sua situação atual a nível nacional e internacional, como a normalização inerente.

No **capítulo 3**, destaca-se a incorporação de estratégias de manutenção em projeto de arquitetura através do seu planeamento, à seleção dos materiais e à previsão das operações de manutenção.

No **capítulo 4**, apresentam-se as fachadas em vidro no que diz respeito ao seu desempenho e concepção, os agentes de degradação susceptíveis e o tipo de periodicidade da sua manutenção.

No **capítulo 5**, é realizado o levantamento, a descrição e a análise dos casos de estudo. São sintetizados os resultados obtidos e cruzados com o desenvolvimento do tema proposto na dissertação.

No **capítulo 6**, são apresentadas as conclusões finais do estudo elaborado e sugerem-se os desenvolvimentos futuros nesta área.

Na **Bibliografia**, são apresentadas as referências bibliográficas consultadas e utilizadas na presente dissertação.

Em **Anexo**, apresentam-se as fichas dos casos de estudo e das anomalias verificadas durante a visita aos edifícios, assim como um quadro síntese de análise dos edifícios casos de estudo, tendo este elementos sido base fundamental para o desenvolvimento da dissertação.

2. ESTADO DA ARTE

2.1. NOTAS INTRODUTÓRIAS

Este capítulo tem como principal objectivo o enquadramento dos temas Manutenção de Edifícios e Vida Útil dos seus componentes ou elementos, conceitos estes que fazem parte do tema proposto para a dissertação, sendo a sua compreensão essencial para o desenvolvimento do trabalho.

Estas duas realidades estão inseridas na optimização do ciclo de qualidade, que passa necessariamente pela interdependência entre todos os intervenientes, como o dono da obra, o promotor, os projetistas, o construtor, os utentes, a empresa de gestão e manutenção, entre outros, no processo de construir e a todos, sem exceção, são pedidas responsabilidades pela eficaz manutenção dos edifícios (FLORES, 2002).

Para este efeito, a manutenção dos imóveis surge como uma resposta necessária e urgente, devendo as intervenções, neste domínio, seguir metodologias corretas, sustentadas em critérios científicos e em métodos adequados de diagnóstico de anomalias e avaliação das causas (FLORES-COLEN, 2003), para que desta forma seja possível cumprir os tempos de vida útil previstos, necessários ou expectáveis de um edifício ou das suas partes constituintes.

Estas anomalias construtivas e funcionais, que podem surgir, afectam o cumprimento das exigências dos utentes e originam a redução da vida útil (FLORES-COLEN, 2003). A qualidade e a definição deste conceito é essencial para a boa execução da manutenção, permitindo minorar as principais anomalias que decorrem das diferentes fases do processo construtivo, e a determinação da vida útil do elemento, sabendo qual o período de tempo que este possui até atingir o limite máximo aceitável de deterioração. É desta forma essencial a sua definição para cada elemento da construção, uma vez que esse período de tempo coincide com a necessidade de reposição ou substituição do componente deteriorado (BARBOSA, 2009), operações estas incluídas nos trabalhos de manutenção necessários de um edifício.

Concluindo, a relação destes dois conceitos é essencial para atingir os níveis de qualidade necessárias ao bom funcionamento de um edifício, devendo estes estar presentes, para além da fase de utilização, nas fases de projeto e de construção.

2.2. MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS

2.2.1. DEFINIÇÃO DO CONCEITO

A manutenção é um termo de origem francesa, que adquiriu nos países anglo-saxónicos uma definição por vezes confundida com a de conservação, mas esta tem um sentido mais vasto, pois designa um conjunto de intervenções que ocorrem para a proteção e defesa do nível de qualidade de um determinado equipamento e do serviço em que está integrado e que dele depende (TAVARES, 2009).

A função da manutenção dos edifícios é a maximização dos aspectos estéticos, técnicos e económicos do mesmo, assim como a implementação da saúde e da segurança dos seus ocupantes (ARIS, 2006). Para além destes factores, visa preservar ou recuperar as condições ambientais adequadas ao uso previsto para as edificações e inclui todos os serviços realizados para prevenir ou corrigir a perda de desempenho decorrente da deterioração dos seus componentes (NBR 5674, 1999).

A manutenção pode assim ser definida como o processo que incorpora a funcionalidade e a facilidade na conservação e na reparação, em todos os componentes ativos ou passivos de um edifício, maximizando os benefícios em termos de esperança de vida útil e custos de operação (ARIS, 2006), definindo-se como um conjunto de operações combinadas e coordenadas entre si. Pretende-se então, que as partes do edifício se mantenham, o máximo de tempo possível, com níveis de qualidade (desempenho) aceitáveis, onde este tipo de operações são distintas das que visam a melhoria do desempenho ou o aumento da capacidade do objecto, para um nível superior ao que ele foi inicialmente concebido, como sejam as operações de reabilitação ou de ampliação (GOMES ,1992).

Considera-se teoricamente que, em regra, uma política de manutenção pretende recuperar o nível inicial de qualidade dos elementos, o qual é impossível de alcançar uma vez que, não obstante a manutenção mais eficaz, a idade dos materiais constitui uma barreira para atingir esse nível. Assim, quando se sistematizam as operações de manutenção, interessa relacionar cada uma delas com o nível de qualidade do elemento intervencionado, ao longo da sua vida útil, sendo que para isso muito contribuirá a monitorização local ou laboratoriais para avaliação do comportamento de um determinado elemento(GOMES ,1992; TAVARES, 2009).

O planeamento e a execução das atividades de manutenção devem ter em conta a tipologia dos seus trabalhos, que se subdividem em três grupos:

- limpeza;
- inspeção;
- reparação ou substituição local.

Podem também ser incluídas possíveis intervenções de beneficiação, destinadas a responder a situações em que as características iniciais da construção não satisfazem quer as condições de habitabilidade e conforto, quer as exigidas por uma utilização económica e sustentável (CÓIAS, 2004).

Em forma de síntese, segundo a norma ISO 15686-1:2011, *Building and constructed assets – Service Life Planning – Part 1: General Principles,* a manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas que permitem que o edifício e os seus elementos desempenhem, durante a vida útil, as funções para as quais foram concebidos. Para manter um edifício em condições de desempenhar as funções para que foi concebido ao longo da sua vida útil, é preciso, investir por ano 0,5% a 1% do valor do edifício a partir do período de garantia, que em Portugal são de 5 anos (FREITAS, 2008).

2.2.2. MANUTENIBILIDADE

A par do conceito de manutenção, o conceito de manutenibilidade deve ser desde já entendido, representando tudo o que poderá influenciar a aptidão de um sistema para receber manutenção, sendo exemplo a facilidade de acesso, ou mesmo as condições de segurança (ASSIS, 2004).

A manutibilidade é assim um parâmetro que visa a redução do tempo de reparação e a capacidade de um sistema ser mantido em boas condições, ou seja, a maior ou menor facilidade com que pode ser feita a sua manutenção (PINTO, 1994; DHILION, 2002).

Trata-se da aptidão de um bem, sob condições de utilização definidas, de ser mantido ou reposto num estado em que possa cumprir uma função requerida depois de lhe ser aplicada a manutenção em condições determinadas, utilizando procedimentos e meios prescritos (EN 13306:2010).

É, de facto, uma característica muito importante que merece grande atenção por parte dos projetistas que, antes de decidirem sobre o desenho ou arranjo final de determinado elemento ou sistema, deverão responder a questões como de que forma, em serviço, o elemento ou sistema se vai manter ou se será possível arranjar formas de facilitar a sua manutenção (CABRAL, 2009).

2.2.3. PRINCIPAIS TIPOS DE MANUTENÇÃO

Os principais tipos de manutenção subdividem-se em quatro conceitos chave, conforme Figura 2.1 , sendo estes o de Manutenção Preventiva, o de Manutenção Preditiva, o de Manutenção Reativa ou de Emergência e por fim o de Manutenção de Melhoramento.

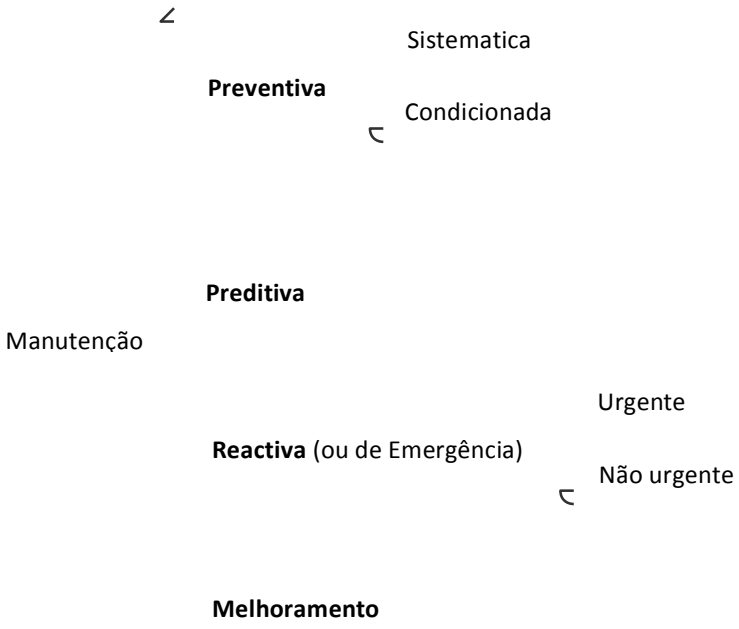

Figura 2.1 – Principais tipos de manutenção

A classificação dos tipos de manutenção, é realizada em função da ocorrência de falhas: antes da ocorrência da falha – manutenção preventiva ou preditiva, e depois da ocorrência da falha – manutenção reativa ou de melhoramento.

2.2.3.1. MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A manutenção preventiva inclui todas as ações programadas, ou de rotina, aplicadas num edifício podendo ser consideradas as vistorias periódica ou a verificação, tendo em conta as necessárias inspeções para a detecção de eventuais deficiências e problemas de manutenção, a limpeza periódica, as pequenas reparações e as grandes reparações ou renovações (GOMES, 1992; COIAS, 2004).

Tem por base a execução de planos de intervenção, devendo estes ser elaborados antes da ocorrência de possíveis anomalias no edifício, com vista a diminuir a probabilidade de rotura dos seus elementos de construção (RIPPER e SOUSA, 1998), exigindo o registo de todas estas atividades, que se repetem sistematicamente e periodicamente (OLA, 2000; BRE, 2003).

É efectuada sobre as partes constituintes do edifício, em adequadas condições de desempenho, pretendendo-se prevenir o aparecimento de sintomas de pré-patologia, objectivando melhores níveis de durabilidade, fiabilidade, eficácia e segurança, entre outros (GOMES, 1992), permitindo uma redução de trabalhos extraordinários e uma menor interferência com a normal utilização do edifício (FLORES-

COLEN e BRITO, 2002), reduzindo a probabilidade de determinado elemento apresentar deteriorações que conduzem o seu desempenho abaixo das exigências estabelecidas (TAVARES, 2009).

Como se trata de um sistema preventivo estes trabalhos são executados em intervalos de tempo predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação do funcionamento de um bem (EN 13306, 2010). A inspeção do estado de conservação dos elementos pode ser feita através de inspeções periódicas, inspeção e observação contínua (monitorização) ou pela realização de ensaios (casos mais excepcionais) (HALLBERG, 2009).

Esta intervenção é indicada para situações que exigem um elevado nível de fiabilidade e onde as consequências de uma falha são graves, sendo esta situação frequentemente aplicada a diversos equipamentos e instalações do edifício (GOMES, 1992). Reduz o incómodo da execução de trabalhos não previstos e oferece uma maior satisfação aos utentes, já que atua normalmente antes dos problemas ocorrerem, permitindo optimizar recursos e custos.

Este tipo de estratégia, exige uma análise desde a fase de projeto, com dados base de suporte e um controlo rigoroso do planeado, com atualização constante, podendo em caso contrario correr-se o risco de a estratégia definida não estar enquadrada com a realidade (FLORES-COLEN e BRITO, 2002).

A manutenção preventiva pode ser efectuada de forma sistemática (Manutenção Sistemática) ou depender de informações, recolhidas nas respectivas partes do edifício, relativas ao aparecimento de sintomas de fenómenos patológicos, designada de Manutenção Condicionada (GOMES, 1992).

A manutenção sistemática é executada periodicamente, em datas pré-definidas, mesmo que as partes do edifício sob intervenção aparentem boa funcionalidade, tendo por objectivo o planeamento das atividades, permitindo uma redução dos trabalhos extraordinários e uma menor interferência com o normal funcionamento do edifício. Deve, sempre que necessário, executar-se ajustamentos, através das rotinas periódicas de verificação do estado das partes constituintes do edifício (GOMES, 1992; FLORES, 2002).

A manutenção condicionada é efectuada, após a recepção de informação sobre sintomas de pré-patologia em diversas partes do edifício (TAVARES, 2008), sendo apropriado para a maioria dos elementos e componentes da construção que constituem o edifício. É baseada na vigilância do funcionamento do bem e/ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as ações daí decorrentes (EN 13306, 2010).

2.2.3.2. MANUTENÇÃO PREDITIVA

A manutenção preditiva consiste na execução de atividades de manutenção, em função da análise do estado dos diversos elementos, planeando as inspeções e não as atividades a executar (FLORES-COLEN e BRITO, 2002). Inclui a realização de inspeções periódicas para a avaliação do estado de degradação e de desempenho dos componentes e sistemas do edifício, com consequente planeamento das ações de manutenção, traduzindo-se numa maior capacidade de conhecer o desempenho em serviço, possibilitando um conhecimento permanente do estado dos elementos da construção (BARBOSA, 2009).

Podem recorrer-se ao uso de técnicas e/ou ensaios sobre os elementos a estudar permitindo, no primeiro caso, detectar tendências de comportamento do mesmo antes de ocorrer a falha e, no segundo, detectar as origens da ocorrência da falha. Exige um elevado grau de planeamento, de estudos e de testes (OLA, 2000), sendo que a execução destas inspeções pressupõe a existência de pessoal envolvido, com formação específica e capacidade técnica para a recolha e tratamento das informações, com vista a uma atuação adequada.

Esta estratégia abrange as fases de projeto e de utilização, à semelhança da estratégia preventiva. Na fase de projeto, existem as seguintes fases de atuação: análise do projeto com recolha de dados e elaboração do planeamento-base de inspeções; fase de utilização onde é avaliado o estado dos elementos, durante cada inspeção e decidido o modo de atuação para solucionar as anomalias ou sintomas de pré-patologia. Por último, é feito o controlo do trabalho, o registo, o tratamento de dados e a atualização do sistema.

No planeamento das inspeções, a realizar logo na fase de projeto, deverão ser identificados os elementos a inspecionar, as atividades de inspeção e a periodicidade aconselhada, em função da durabilidade média dos diversos elementos. Deve ter-se em conta, à partida, a regulamentação, as recomendações dos fabricantes e outra documentação pertinente, como normas ou documentos de homologação, entre outros (GOMES, 1992).

Durante as inspeções, deverá constar nos dados recolhidos todo o histórico das intervenções e elementos de projeto, com a previsão do comportamento esperado dos elementos, níveis pretendidos de qualidade, entre outros dados relevantes para a análise. Toda esta informação contribuirá para um eficiente diagnóstico do estado atual do elemento e uma adequada definição da forma de atuação (HALLBERG, 2009).

Com esta estratégia há um aumento da capacidade de detectar quando e onde é necessária a intervenção, com redução do número de anomalias imprevistas e com mais fácil implementação. Em contrapartida, esta estratégia depende de um método de diagnóstico válido durante a inspeção, com a definição correta do estado do elemento (FLORES-COLEN e BRITO, 2002).

2.2.3.3. MANUTENÇÃO REATIVA

A manutenção reativa ou de emergência visa as ações que correspondem a situações pontuais não planeadas. Insere-se em casos onde a manutenção é realizada após o componentes ou sistemas terem atingido a rotura. Este tipo de ocorrências acontecem pela possível falta de ações de manutenção atempadas ou por consequência de anomalias imprevistas, consistindo em deixar operar o mecanismo de degradação do elemento e depois intervir na ação de reparação das anomalias (FLORES-COLEN e BRITO, 2002).

Também pode ser denominada de manutenção resolutiva, curativa ou corretiva, sendo realizada na sequência de uma falha, podendo esta ter ocorrido em resultado de (CABRAL, 2009; BRITO e BRANCO, 2001):

- falha "intrínseca" - quando a perda de função foi devida à própria rotura do elemento ou sistema;
- falha "extrínseca" - quando a perda de função acontece por causa exterior ao elemento ou sistema, como é o caso de acidente, colisão, má operação, entre outros.

Esta metodologia introduz custos acrescidos ao empreendimento, ainda que, a curto prazo, pareça menos onerosa. Embora as intervenções reativas pareçam, numa primeira análise, uma solução favorável, no decurso da exploração do edifício, constata-se que este tipo de intervenção encontra várias dificuldades (FLORES-COLEN e BRITO, 2002):

- os meios geralmente disponibilizados não são suficientes para responder às solicitações, em tempo útil, havendo necessidade de recorrer a empresas exteriores, com o correspondente acréscimo de custos não previstos;
- em consequência de situações não planeadas, existe dificuldade em intervir perante mais do que uma intervenção com carácter urgente;
- tratando-se de intervenções onerosas, só despoletadas na sequência de reclamações dos utentes, a ausência de denuncia conduz à progressiva degradação de elementos, não visível aos olhos do vulgar utente, o que pode ser vital na degradação e encurtamento do tempo de vida útil do edifício ou do seu elemento constituinte.

2.2.3.4. MANUTENÇÃO DE MELHORAMENTO

A manutenção de melhoramento consiste na execução de atividades que visam a melhoria das características iniciais por modificações de alguns elementos do edifício (FLORES-COLEN e BRITO, 2002), destinando-se a corrigir erros grosseiros de projeto ou de execução, ou a responder, a longo prazo, à

natural obsolescência do edifício ou dos seus elementos constituintes, isto é às insuficiências resultantes da crescente expectativa dos utilizadores ou da evolução do grau de exigência da regulamentação quanto às condições de desempenho oferecidas pelos imóveis (CÓIAS, 2004).

Esta estratégia tende a ser aplicada com maior frequência dado o avanço tecnológico no estudo de novos materiais e soluções mais expeditas, através de medidas de natureza técnica, administrativa e de gestão, destinadas a melhorar a segurança de funcionamento de um bem sem modificar a função para a qual foi requerida (EN 13306, 2010; FLORES-COLEN e BRITO, 2002).

Com esta estratégia o nível inicial de qualidade, apenas em termos absolutos, e a duração da vida útil aumentam, podendo ser identificados como casos típicos a incorporação de melhores acessos para a manutenção, a montagem de instrumentos para melhorar o controlo da condição de funcionamento, entre outros.

2.2.4. OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO

Os trabalhos de manutenção de um edifício, podendo ou não ser programados, consistem nas atividades necessárias com o objectivo de manter, ao longo do tempo, as características funcionais e estéticas inerentes ao edifício projetado.

Estas operações podem refletir-se em diferentes trabalhos, como são exemplo (FLORES, 2002):

- limpeza – com grande relevância na prevenção de anomalias, surge na sequência da evolução da sujidade e acumulação de depósitos à superfície do revestimento;
- inspeção – pode identificar sintomas de pré-patologia, que caracterizam a presença de eventuais mecanismos de degradação. Após cada fase de inspeção, a realizar por técnicos habilitados para o efeito, deve ser elaborado um relatório referindo as inspeções realizadas, o resultado das mesmas, um diagnóstico de anomalias detectadas e a definição das ações corretivas para manter a vida útil do edifício dentro do projetado;
- reparação ou substituição local – operações que se enquadram no âmbito dos trabalhos de manutenção e tem como objectivo solucionar determinadas anomalias que se manifestam em zonas localizadas, devendo ser executadas após a analise e a correção das causas dessas anomalias, adoptando técnicas adequadas, por forma a evitar o aparecimento dos fenómenos de "repatologia".

A vida útil dos diversos materiais e equipamentos constituintes do edifício servirá para definir a periodicidade da sua substituição, assim como também deverão ser definidas as operações de manutenção necessárias aos diversos materiais e equipamentos do edifício para garantir a sua operacionalidade ao longo da sua vida útil.

Estas operações refletem-se em vários tipos de trabalhos que devem ser feitos de acordo com as características do edifício e executados de forma a não interferir com o seu normal funcionamento. É relevante que estes trabalhos sejam feitos por pessoal especializado, de forma a ter uma correta solução das anomalias verificadas, onde é necessária a sua solução, através de operações criteriosas de carácter periódico para a conservação do imóvel. Com a execução de operações de manutenção frequentes, os efeitos da degradação dos materiais e componentes do edifício são minimizados, assegurando assim a conservação do edifício e mantendo níveis de qualidade semelhantes ao inicial, onde do bom uso e do cumprimento dos requisitos de manutenção a realizar, dependerá em grande medida do inevitável ritmo de envelhecimento do edifício.

2.2.5. ELEMENTOS FONTE DE MANUTENÇÃO

A resposta do edifício às suas manifestações patológicas não depende individualmente dos elementos de construção, mas decorre da interação conjunta dos mesmos, aos quais se atribui o nome de "elementos fonte de manutenção" (BARBOSA, 2009). Considera-se assim que, um edifício e os seus elementos, como um conjunto de sistemas, são os "elementos fonte de manutenção", onde cada elemento possui mecanismos de degradação e formas de desempenho próprias, sendo em geral independentes (RODRIGUES, 2007).

Segundo Brand (1994), o edifício deve ser visto como um conjunto de camadas que se estruturam desde a envolvente do edifício, em contacto com o exterior, até ao detalhe do interior do mesmo. Um edifício possui assim seis camadas, conforme representado na figura 2.2, sendo estas: o local, a pele ou envolvente, a estrutura, os serviços, o espaço interior e o recheio. Estas camadas comportam-se em serviço de diferentes formas, de acordo com os seus níveis de desempenho, devendo ser analisadas individualmente, de forma a prever as suas necessidades de manutenção (BARBOSA, 2009).

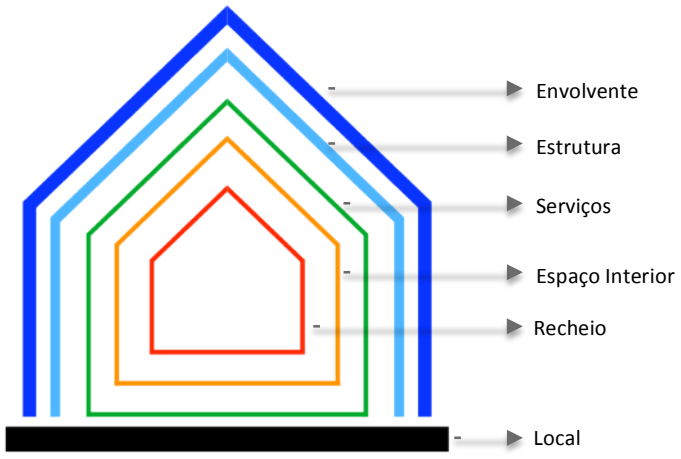

Figura 2.2 – Divisão do edifício em camadas, traduzido de BRAND (1994).

Também Flores-Colen e Brito (2004), e segundo a norma ISO 6241 (1984), tratam do edifício como se dividido em cinco elementos principais, denominados de subsistemas, que são: coberturas, fachadas, elementos estruturais, instalações técnicas e zonas comuns interiores (ver Quadro 2.1).

Quadro 2.1. Sistemas e subsistemas de edifícios, baseado na norma ISO 6241 (1984).

	SISTEMAS	SUBSISTEMAS
Exterior	1. Estrutura	Fundações; Esqueleto.
	2. Envelope Exterior	Envelope abaixo do terreno; Envelope acima do terreno.
	3. Divisões espaciais exteriores ao envelope	Escadas exteriores; Divisão vertical exterior; divisão vertical interior.
Interior	4. Divisões espaciais interiores	Escadas interiores; Divisão vertical interior; Divisão vertical exterior.
	5. Instalações	Distribuição e drenagem de água; Aquecimento e ventilação; Distribuição de gás; Electricidade e Telecomunicações; Segurança

O envelope é a camada que assume especial relevância por constituir a interface entre a estrutura do edifício e as suas camadas interiores e o espaço exterior envolvente (BARBOSA, 2009).

2.2.6. EVOLUÇÃO HISTÓRICA

O conceito de manutenção seguiu um percurso histórico através de diferentes análises, podendo ser designadas diversas referências à sua manifestação em determinada época.

É exemplo como pela primeira vez o Império Romano viu em Marcus Vitrúvius Pollio, um engenheiro, arquiteto e construtor, no seu tratado de 10 volumes intitulado "De architectura libri decem", a referência detalhada sobre a construção em geral, abordando nesta compilação como se devem manter e cuidar os edifícios (CALEJO, 2001).

Já para Calejo (2001), a fiscalização de edifícios existe desde o século XII, onde eram englobados um conjunto de atividades, nas quais se incluíam regras de limpeza e de conservação. Em Portugal, dada a importância da inventariação dos edifícios históricos para a sua proteção e preservação, D. Afonso IV, no século XIV, manifestava uma certa preocupação com esta necessidade, sendo apenas concretizada em 1880 com o primeiro levantamento sistemático dos monumentos a classificar. Também durante o reinado de D. João V, foi decretado, de maneira formal, pelo alvará régio de 20 de Agosto de 1721, a proteção de monumentos históricos, atribuída à Real Academia de História, nascendo assim o sistema de proteção nacional do património, que de futuro não viera a ser implementado (TAVARES, 2009).

Mas foi em 1877 que os pioneiros do movimento de conservação, liderados pelo artista e escritor inglês William Moris, fundaram a "Society for the Protection of Ancient Buildings" (SPAB), sociedade para a proteção dos edifícios antigos, encontrando-se em funcionamento atualmente como sociedade ativa, sendo esta que introduziu o conceito de manutenção de edifícios no século XIX, desenvolvendo-se até aos dias de hoje como disciplina independente e essencial (TAVARES, 2009).

Este conceito ficou ainda mais patente a partir dos anos 40, marcados pelo desenvolvimento do sector comercial da aviação, devido aos requisitos de segurança serem muito exigentes, onde foi necessário implementar medidas preventivas com recurso a inspeções periódicas de verificação. Nasce então a nova atividade do sector industrial, a Engenharia de Manutenção, criando novos meios e metodologias, visando o controlo da fiabilidade dos equipamentos (TAVARES, 2009). Ainda que tenha havido a necessidade de utilizar ferramentas e equipamentos fiáveis, os conceitos associados à manutenção, à fiabilidade e à disponibilidade, além da capacidade de serem manuteníveis, não eram considerados como ciência até meados do século XX (FERREIRA, 2002), nomeadamente só à cerca de 65 anos, as empresas começaram a reconhecer a importância da manutenção dos equipamentos, como função autónoma e específica (FARINHA, 1997).

É de notar que a evolução da manutenção industrial e a dos edifícios demonstra como a primeira é historicamente bem mais avançada. A manutenção industrial difere da dos edifícios, na medida em que a industrial engloba conceitos baseados na noção de custo versus fiabilidade do equipamento, enquanto a manutenção de edifício é mais ampla, radicando na satisfação de exigências funcionais do próprio edifício e na satisfação dos utentes (CALEJO, 2001).

Como conclusão, é importante reconhecer que o conceito de manutenção de edifícios tem vindo a crescer nos últimos anos, mas por outro lado, a manutenção esteve sempre inteiramente associada aos edifícios, desde o tempo em que o homem se refugiava em construções em taipa até aos dias de hoje, quando a civilização começou a erguer arranha céus e palácios de vidro utilizando os mais recentes materiais como o betão, o aço, o vidro e os materiais sintéticos (ARIS, 2006).

2.2.7. SITUAÇÃO EM PORTUGAL E NOUTROS PAÍSES

O sector da manutenção, na União Europeia, foi influenciado por dois períodos que assinalam o desenvolvimento do conceito de manutenção, um primeiro período no pós-guerra, com a introdução de princípios económicos e de durabilidade que levaram a demolir ou não os edifícios, e um segundo período que advém de uma certa estagnação do crescimento populacional associada a um bem estar económico, quase resolvendo o problema habitacional. Neste contexto, a industria da construção volta-se para a manutenção e para a reabilitação como condições de melhoramento das exigências de habitabilidade dos edifícios existentes (FLORES, 2002).

Portugal não passou por nenhum dos períodos antes referidos e, talvez por isso, o seu mercado de manutenção e de reabilitação terão sido tratados, nos últimos anos, com menos interesse público ou privado, face ao mercado da construção nova. Existe sim uma cultura de manutenção reativa, intervindo após o aparecimento de anomalias por vezes de um modo tardio. Neste sentido, é preciso inverter esta tendência e continuar a implementar um sistema integrado de manutenção, reduzindo os custos diferidos e optimizando a vida útil dos edifícios. É, desta forma, urgente adoptar politicas de manutenção claras e objectivas que, em conjunto com estratégias adequadas, permitem obter resultados a médio ou longo prazo (TAVARES, 2009).

Para que seja possível, é necessária a sensibilização dos vários intervenientes no processo construtivo para a problemática da manutenção, alterando o rumo da situação atual (TAVARES, 2009). Existe desde à 10 anos uma crescente preocupação da Secretaria de Estado da Habitação na sensibilização e informação dos utentes quanto a aspectos relacionados com a conservação das habitações (FLORES, 2002), mas a periodicidade legal em Portugal, para as intervenções correntes de manutenção, é estabelecida pelo único regulamento existente o RGEU, de 1951, no art.º 9, 10 e 12 ou D.L. nº 177/2001, sendo de 8 em 8 anos, no entanto, este tipo de intervenções nem sempre é cumprido e muitas vezes inexistente.

Mesmo assim, o termo de manutenção não se encontra ainda implementado na atual legislação, sendo que é utilizada a designação de conservação (FLORES-COLEN, 2009). Espera-se que com a implementação do novo RGE (Regulamento Geral das Edificações), revisão do atual RGEU, que foi revisto e se encontra à espera de aprovação, o termo conservação dê lugar ao de manutenção (BARBOSA, 2009).

Esta revisão do RGEU mostra-se fundamental, uma vez que este regulamento, publicado em 1951, também não cobre matérias como a durabilidade, a qualidade da edificação e a segurança da intrusão, não estando em conformidade com as normas regulamentares especificas que existem para as edificações e desatualizadas nas questões tecnológicas (SANTOS, 2006).

É assim objectivo do RGE a garantia da qualidade dos edifícios, aumentando o seu campo de aplicação, tanto ao nível do tipo de edifício como a determinação das intervenções, conciliando a segurança, o ambiente, a energia, a sustentabilidade, a vida útil, a manutenção e a durabilidade, assim como a defesa do consumidor e a gestão da qualidade (FERREIRA, 2009). Apresenta assim algumas alterações relativamente à versão anterior, o RGEU, sendo uma das inovações a obrigatoriedade da elaboração de manuais de utilização e de manutenção, assim como a realização de inspeções periódicas de manutenção, de modo a evitar futuras excessivas degradações excessivas do parque habitacional (TAVARES, 2009), defendendo a imposição de elevados padrões de qualidade, nomeadamente à exigência do projeto de execução, à revisão de projetos, à criação de níveis de intervenção, entre outros.

Ao nível da durabilidade e manutenção, as alterações previstas são as seguinte (BRANCO, 2010):

- Artigo 117º "Vida Útil":
- a vida útil de uma edificação corresponde ao período em que a respectiva estrutura não representa degradação dos materiais;
- a vida útil de cada componente da edificação deve ser definida pelo respectivo fabricante;
- a vida útil da edificação deve ser definida pelo dono de obra e caso tal não seja feito considera-se por defeito o valor de 50 anos;

- Artigo 118º "Concepção com durabilidade":
- A concepção com durabilidade implica:
  a) concepção da estrutura para a vida útil das edificações;
  b) concepção para reduzir os efeitos da degradação pelos agentes agressivos, nomeadamente atmosféricos;
  c) adopção de dispositivos de acesso que permitam realizar inspeções periódicas.
- no âmbito do projeto de execução, deve ser elaborado o Manual de Inspeções e Manutenção da Edificação (MIME) compreendendo:
  a) inspeções correntes e especiais;
  b) eventuais trabalhos de manutenção;
  c) eventuais peritagens técnicas e trabalhos de reparação.

- Artigo 119ª " Manutenção"
- os proprietários devem assegurar a realização de inspeções periódicas correntes e especiais de acordo com o MIME;
- as inspeções periódicas correntes devem ser realizadas de 15 em 15 meses e podem ser realizadas por pessoas sem formação específica;
- as inspeções espaciais, devem ser entregues a entidades habilitadas para o efeito;
- as edificações sem MIME devem ser objecto de inspeções periciais pelo menos uma vez em cada oito anos, sendo efectuadas por iniciativa do proprietário;
- constitui requisito de validade para a licença de utilização o cumprimento do disposto nos números anteriores.

Ao contrário da situação portuguesa, é exemplo no Japão a existência da norma "Technical Standard for Maintenance and Modernisation of Government Building Ministry of Construction", de 1982, que apresenta as seguintes obrigatoriedades (FLORES, 2002):

- elaboração, em cada ano fiscal, de um programa de manutenção;
- inspeção dos elementos e edifícios com aplicação, se necessário, de medidas adequadas de manutenção, para cumprimentos das condições de funcionalidade e de durabilidade;

- designação de uma pessoa responsável pela manutenção;
- registo de todos os trabalhos de manutenção executados.

Existem hoje diferentes organismos internacionais que, de uma maneira geral, procuram o estudo e a implementação de uma adequada manutenção, nomeadamente das suas técnicas e práticas, estimulando a publicação de resultados científicos e de trabalhos de campo sobre o tema (FLORES, 2002; MADUREIRA, 2011). São exemplo:

- *European Federation of National Maintenance Societies* (EFNMS) – organização sem fins lucrativos que representa o desenvolvimento e a prática da manutenção na Europa e estabelece contactos com as instituições internacionais e nacionais. O objetivo principal é a melhoria da manutenção para o benefício das pessoas na Europa;
- *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) – organização privada não lucrativa que oferece serviços, incluindo consultoria, seminários, investigação e publicações. Dá também, assistência às empresas de qualquer dimensão, na melhoria da qualidade da produtividade e do produto. Possui membros na América do Norte, Central e Sul;
- *Associazone Italiana Manutenzione* (AIMAN) – associação fundada em 1959, em Itália, de carácter científico e cultural. Aborda a problemática da manutenção em qualquer sector;
- Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN) – entidade tecnológica de carácter privado e sem fins lucrativos, fundada em 1984, que tem por objectivo congregar profissionais, empresas e instituições ligados à área da manutenção, permitindo a constante atualização nas técnicas e filosofias mais modernas;
- CIB W70 – *Property asset Management* – comissão do CIB vocacionada para a área da manutenção. Tem como objectivo recolher informações e experiências, avaliar o impacto da manutenção na gestão dos edifícios e nos custos do empreendimento;
- outras associações: *Associación Española de Mantenimiento* (AEM); *Association Française dês Begenieurs et Responsables de Maintenance* (AFIM); *Building Owners & Manager Associations* (BOMA); *International Maintenance Institute* (IMI); *International Facility Management Association* (IFMA); Federação Ibero-Americana de Manutenção (FIM); *Belgian Maintenance Association* (BEMAS); *Maintenance and Facility Management Society of Switzerland* (MFS) e por último a Associação Portuguesa de *Facilities Management* (APFM).

Os organismos internacionais antes referidos têm por objectivo a publicação de documentos científicos sobre a manutenção de edifícios, a implementação de tecnologias adequadas de manutenção, a obtenção de informação e casos de estudo relativos a manutenção, o tratamento da informação obtida em edifícios de serviço e por fim promover intercâmbios entre organizações e empresas ligadas ao sector (FLORES, 2002; FALORCA, 2004):

2.2.8. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA MANUTENÇÃO

Vitruvius no seu tratado de arquitetura intitulado "Os dez livros de arquitetura" apresentava a arquitetura como possuidora de três características que eram simultaneamente as preocupações do arquiteto: "utilitas, firmitas e venustas", cujo significado é utilidade, durabilidade e beleza.

Enquanto "coisa" viva, a arquitetura está em permanente mutação, tanto no modo como se define como na forma de entendimento que as pessoas dela fazem (GAMA, 2005). A organização do sistema de manutenção deve levar em consideração as características do universo das edificações objecto de atenção, tais como o tipo de uso, o tamanho, a complexidade funcional, as suas relações de vizinhança e as implicações no seu entorno.

O sistema de manutenção deve ser orientado por um conjunto de diretrizes que definem os padrões de operação que asseguram a preservação do desempenho das edificações ao longo do tempo e o fluxo de informações entre os diversos intervenientes do sistema. Todos os serviços de manutenção devem ser definidos em planos de curto, médio e longo prazos, de forma a coordenar os mesmos, reduzindo a necessidade de sucessivas intervenções, minimizando a interferência dos serviços de manutenção no uso da edificação e optimizando o aproveitamento de recursos humanos, financeiros e dos equipamentos (NBR 5674, 1999).

Os serviços de manutenção devem ser previamente projetados e programados, devendo incluir, entre outros (NBR 5674, 1999):

- especificações detalhadas dos materiais e procedimentos de execução;
- desenhos construtivos ,incluindo detalhes;
- programação de atividades, incluindo, quando necessário, a previsão de estágios intermédios para o controlo da qualidade dos serviços realizados;
- instruções para procedimento em caso de imprevistos;
- previsão de acessos seguros a todos os locais da edificação onde sejam realizadas inspeções e serviços de manutenção.

É importante, para além dos factores antes mencionados, para a programação dos serviços de manutenção ter em conta a durabilidade esperada dos materiais e componentes, nas condições ambientais a que estão submetidos, prever a elaboração de relatórios das inspeções, responder às solicitações e reclamações dos usuários, incluir a experiência acumulada, conforme os registos disponíveis, prever as restrições climáticas e ambientais, definir padrões de manutenção, à escala de prioridades entre os diversos serviços, e responder sempre à disponibilidade financeira.

O controlo do desempenho da manutenção pode ser realizado através de auditorias que as normas ISO 9000:2005 definem como "uma atividade independente, documentada e sistemática, efectuada no sentido de verificar, por meio de evidência objectiva, a adequabilidade e o cumprimento do estabelecido no sistema de qualidade". A atividade da manutenção, pela diversidade dos domínios técnicos da sua atuação, deve recorrer a um conjunto vastíssimo de normas, tendo havido, recentemente, atividades significativas para uniformizar terminologias, conceitos e formas de atuação, introduzindo normas europeias, que vêm, progressivamente, substituindo as normas e práticas de atuação que já existiam em diversos países (CABRAL, 2009).

2.3. VIDA ÚTIL

2.3.1. DEFINIÇÃO DO CONCEITO

A durabilidade de uma construção é representada por valores de vida útil, que pretendem indicar o intervalo de tempo, após a instalação, que a construção é capaz de desempenhar as funções que lhes estão destinadas, ou exceder as suas exigências (ISO 15686-1), em determinado contexto, sendo susceptível de ser utilizada nas condições de qualidade requeridas, sempre que se tenham observado os procedimentos de uso e manutenção previstos (FERNÁNDEZ, 2010; NBR 5674, 1999). Desta forma, as condições que influenciam o ciclo de vida das construções podem ser caracterizadas pelas decisões tomadas em projeto, pelas fases de construção e utilização e pela perda de desempenho provocada pela envolvente, onde se inserem as variáveis possíveis de existir após a implantação do edifício (SILVA, 2011b; NBR 5674, 1999).

O artigo 119º do Projeto de Decreto de Lei português, com o nome de Regulamento Geral de Edificações (RGE, 2003), define a vida útil de um edifício como o período em que uma dado elemento não apresenta degradações, devendo ser definida por cada fabricante, com base na degradação observada durante a sua utilização. Defende ainda que, durante a vida útil de um dado edifício, devem ser realizadas atividades de inspeção, de manutenção e de reparação aos vários elementos presentes na construção do mesmo (BARBOSA, 2009).

Os edifícios, imediatamente após a sua conclusão, iniciam o seu período de vida útil. Nesse momento inicia-se o processo de envelhecimento, natural ou provocado, e consequentemente o seu processo de degradação (GAMA, 2005). O conceito de vida útil é normalmente utilizado como um conceito relativo à totalidade do edifício, na realidade, porém, verifica-se que as construções raramente envelhecem como um todo, pelo que o estudo das mudanças, das transformações e da degradação deve ser feito ao nível dos sistemas que compõem as edificações (GASPAR, 2009).

O conhecimento da vida útil, e da curva de deterioração, de cada material ou elemento são factores de fundamental importância para a realização de programas de manutenção adequados e realistas (JÚNIOR, 2007).

Também deve ser identificado o conceito de vida útil de projeto, sendo esta a vida útil especificada pelo projetista de acordo com as expectativas ou requisitos dos donos de obra (CSA S478-95, 2001). A vida útil de projeto está, por seu lado, relacionada com os requisitos de durabilidade dos elementos e dos componentes do edifício (SILVA, 2011b).

Este conceito, aparentemente de leitura unívoca, torna-se bastante complexo quando se considera a variabilidade do contexto que enquadra a definição da vida útil do edifício ou de determinada parte do mesmo, atendendo às expectativas e à sua funcionalidade para determinada época. A relatividade do conceito e a complexidade de o quantificar levou a que diversos autores propusessem a subdivisão deste em problemas menos complexos, analisando-os individualmente. Gaspar e Brito (2003a) propõem a abordagem descrita no quadro 2.2, através dos critérios de desempenho dos elementos relacionados com o tipo de deterioração a que estão condicionados, analisando as suas causas e possíveis consequências.

Quadro 2.2. Fenómenos explicativos da perda de desempenho, baseado em Gaspar e Brito (2003a).

CRITÉRIO DE DESEMPENHO	CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS
Deterioração Física	Condições de projeto ou de utilização em serviço.	Redução significativa do desempenho físico; Incapacidade física; Fim da vida útil física.
Obsolescência física	Alteração dos requisitos (alteração à regulamentação).	Elemento obsoleto mas fisicamente capaz, no entanto fora da sua vida útil.
Obsolescência funcional	Alteração de padrões de conforto, requisitos legais e exigências da sociedade.	Espaço deixa de ser habitado para receber os usos a que se destina.
Obsolescência tecnológica	Falta de acompanhamento tecnológico das instalações.	Redução do desempenho funcional do espaço.
Mudanças do contexto social	Alteração do poder económico dos utilizadores.	Evolução nas exigências com a sua habitação.
Mudanças do contexto envolvente	Alteração de condições de localização e utilização.	Afeta as suas qualidades.
Alterações normativas	Evolução do conhecimento técnico.	Se regulamentares, afetam os padrões e os níveis mínimos de qualidade.
Obsolescência estética	Degradação física existente, determinante apenas a níveis visuais.	Fim da vida útil física, por motivos de desconforto e de não cumprimento das necessidades dos utentes.
Mudanças ambientais	Alteração das condições climáticas.	Obsolescência do edificado.

Pode assim concluir-se que, a divulgação de um determinado valor de vida útil requer, baseando o raciocínio na prática corrente observada, vários processos característicos através de uma metodologia de avaliação. As bases de uma atividade deste tipo são encaradas recorrendo a critérios de desempenho, tendo as investigações na área já produzido variadas, e por vezes complexas, soluções e respectivas metodologias à sua apresentação.

Desta forma, os indicadores sobre o desempenho de um edifício representam a informação base da previsão da sua vida útil. Como resultado desta atividade, surgem valores de vida útil essenciais ao planeamento do ciclo de vida das construções, designando as intervenções necessárias a efetuar durante o período de serviço, tendo em conta as opções de projeto, onde para conhecer o desempenho de um edifício, ou parte dele, dispõe-se de duas vias distintas (SILVA, 2011b):

- conhecimento empírico do desempenho, através da experiência, apoiada por análise de laboratório e base estatística de inspeções e ensaios;
- resultados de estudos de investigação teórica, que cronologicamente vão moldando o estado da arte do tema aos estudos experimentais.

Quando um elemento se degrada para além do tolerável, acontece porque atingiu o fim da vida útil, não sendo possível revertê-lo ao seu estado anterior através de ações correntes de manutenção. De qualquer forma, determinado elemento pode ter chegado ao fim da sua vida útil e continuar a desempenhar as suas funções com valores superiores ao mínimo estimado (FLORES, 2002). O fim da vida útil “reveste-se de enorme subjetividade", não só pelo facto de ser caracterizado por um grande número de propriedades com diferentes níveis de importância, como também pela própria evolução no julgamento da utilidade ou validade ao longo das várias épocas (SÁ, 2005). É assim verificável que o limite teórico do desempenho não se mantém constante ao longo do tempo, mas varia, por exemplo, conforme são incorporados novas exigências normativas, de qualidade ou de desempenho (GASPAR, 2009).

Durante muitos anos a vida útil estava associada à resistência e à estabilidade de determinado elemento ou do próprio edifício. Atualmente, com a introdução de novos materiais e métodos construtivos na indústria da construção e com a evolução do estado do conhecimento, a questão da durabilidade torna-se menos concentrada no critério físico, mas sim no desempenho económico e funcional das novas soluções que hoje se apresentam e pela concentração em padrões de estética e de conforto dos utentes que acompanham a entrada dos novos produtos e tornam as construções precocemente obsoletas, em relação à sua vida útil prevista afectando, desta forma, a sua degradação física e funcional (SILVA, 2011b).

2.3.2. PRINCIPAIS TIPOS DE VIDA ÚTIL

Enquanto determinada função de um edifício é desempenhada, diz-se que este está dentro do seu período de vida útil. A manutenção dos edifícios em serviço exige um satisfatório comportamento físico, económico e funcional dos seus elementos, sendo que estas atividades, inseridas no conceito de planeamento da vida útil de um edifício, podem ser alargados ao domínio temporal definindo-se logo em projeto, designada de vida útil de projeto (SILVA, 2011b). Desta forma, as decisões tomadas na execução de um edifício irão definir a chamada vida útil de projeto, sendo possível nesta fase discutir a influência das condições de fronteira na implantação do edifício, tendo em conta as condições ambientais, que podem provocar diferentes efeitos num mesmo elemento, os materiais utilizados na construção, possuindo as mais diversas características que trazem vantagens e desvantagens para cada caso de aplicação fazendo com que a sua escolha seja factor de influência no tempo de serviço dos edifícios, e, tal como os materiais, as soluções construtivas adoptadas, fazendo estas variar o período de envelhecimento e as decisões de projeto sobre o funcionamento do edifício (SILVA, 2011b).

Segundo Brito e Gaspar (2003a), "os edifícios são bens de grande longevidade", no entanto após a sua entrada em serviço, iniciam "um processo contínuo de degradação". Este processo é bastante lento nos primeiros anos e praticamente imperceptível. No entanto, à medida que o edifício vai envelhecendo, a evolução da degradação torna-se mais acentuada.

A designada vida útil pode ser subdividida em três principais grupos de factores, conforme figura 2.3, que determinam o final da vida útil de um determinado elemento, cada um destes associado a um intervalo de tempo cíclico e a uma flutuação dos critérios mínimos de aceitação das respectivas propriedades ou qualidades, sendo estas a **vida útil económica**, a **vida útil funcional** e **a vida útil física** (GASPAR, 2009).

Figura 2.3 – Principais tipos de vida útil.

2.3.2.1. VIDA ÚTIL ECONÓMICA

A vida útil económica define-se como o período de tempo que decorre até que uma construção seja substituída por outra, ou por uma atividade mais rentável, também podendo ser considerado o período enquanto a edificação mantem uma relação de custo/benefício anual inferior às alternativas, ou simplesmente até ao abandono da construção (BRAND, 1994; WYATT, 1999).

Uma construção atinge o fim da sua vida útil económica quando está disponível o capital necessário para a demolir e construir uma que a substitua e a operação seja, como um todo, lucrativa (BRITO, 2001). A decisão sobre o fim da vida útil da construção é basicamente de índole económica, sendo de índole técnica apenas a quantificação da taxa de degradação e a definição do nível de qualidade mínimo (SILVA, 2011b).

O conceito de ciclo de vida económico de uma construção coloca-se sempre que se analisa o desempenho do edifício enquanto instrumento, isto é um bem que gera e consome recursos ao longo da sua vida útil (SANTOS, 2000). Assim, ainda que um edifício mantenha a sua integridade física, por vezes sucede ser economicamente inviável a sua manutenção, por exemplo pela insuficiência dos rendimentos gerados ou pela existência de alternativas mais rentáveis de ocupação do espaço associado à construção (BRITO E GASPAR, 2004).

2.3.2.2. VIDA ÚTIL FUNCIONAL

A vida útil funcional corresponde ao período de tempo durante o qual uma construção permite a sua utilização, independentemente do fim para que foi concebido, sem obrigar a alterações generalizadas (GASPAR, 2009; DAVIES e SZIGETI, 1999), incluindo situações muito diversas que podem ir desde as características geométricas e construtivas das edificações, à dimensão estética associada à arquitetura, assim como a percepção de conforto e bem estar. Este conceito hoje pode ser alargado para incidir sobre aspectos relacionados com a sustentabilidade (GASPAR, 2009).

A perda de vida útil funcional é associada à obsolescência das soluções construtivas, de desempenho inicial, ainda que o sistema considerado se encontre em perfeito funcionamento de acordo com os critérios para os quais foi concebido e dimensionado (ISELIN e LEMER, 1993).

Encontra-se diretamente relacionada com a noção de "flexibilidade" das construções (BRITO e GASPAR, 2003b), sendo que a importância de construir com a designada flexibilidade não é a mesma para os vários tipos de usos relativos a uma construção, no entanto a pouca adaptabilidade prevista em projeto

pode inviabilizar uma qualquer mudança de uso e até mesmo contribuir para que o edifício atinja o fim da sua vida útil, em termos funcionais.

Para complementar esta ideia, repare-se que a obsolescência funcional dos componentes, como é exemplo os sistemas de informação de um edifício, à semelhança das aplicações informáticas que apesar de responderem às exigências para as quais foram concebidas não acompanham a evolução das exigências dos utentes, não pode, desta forma, ser considerada como um conceito absoluto e quantificável, mas sim um conceito relativo e não necessariamente quantificável, dependendo dos critérios de apreciação dos utentes (GASPAR, 2009; DAVIES e SZIGETI, 1999; GASPAR e SANTOS, 2003).

2.3.2.3. VIDA ÚTIL FÍSICA

Considera-se que um edifício se mantém em serviço enquanto fornecer resposta às necessidades e expectativas dos utentes e mantiver a sua durabilidade física (GASPAR, 2009). Podemos assim designar, a vida útil física como o período de tempo durante o qual o edifício, ou parte dele, se mantém num nível requerido de adequação às exigências que lhe são colocadas, ou que permita acolher e responder a novos usos, sem sofrer desgaste físico irreversível, para além de uma manutenção corrente ou de investimentos equivalentes ao custo de reposição de elemento (BRITO e GASPAR, 2003d).

A sua estimativa, genericamente, parte da constatação de que muito dificilmente se consegue avaliar a vida útil física de um edifício como um todo, sendo que todos os métodos decompõem o problema em subproblemas de mais fácil estudo e resolução, através da identificação das partes ou elementos constituintes da construção e do estudo da durabilidade de cada um destes elementos. Desta forma, a previsão da vida útil física é feita a partir do conhecimento do material e do seu grau de deterioração no tempo, de acordo com determinadas propriedades mensuráveis escolhidas como indicadores de degradação (BRITO e GASPAR, 2003c).

Os valores obtidos serão indicativos do limite máximo do período de serviço, servindo como base para os critérios de análise da vida útil funcional (SILVA, 2011b), onde as mudanças de uso sofridas por um edifício ao longo do seu período de serviço, bem como a viabilidade económica das atividades de manutenção ou de alteração dos espaços, no referido período, podem determinar o efetivo fim da vida útil, assim como o desgaste decorrente do seu uso (GASPAR, 2009).

Assim, o fim da vida útil física de um material ou componente corresponde ao limite teórico da respectiva durabilidade por motivos de degradação física, devido ao desgaste decorrente do uso, das ações ambientais, num cenário de manutenção corrente, ou por degradação por negligência em cenários de ausência de manutenção (GASPAR, 2009).

2.3.3. MÉTODOS DE PREVISÃO DA VIDA ÚTIL FÍSICA

Os métodos de quantificação de valores de vida útil são utilizados para determinar a durabilidade física das construções, numa análise de dados de desempenho. A vida útil funcional e económica não podem ser determinadas por métodos de previsão, uma vez que as suas propriedades estão associadas aos utentes (SILVA, 2011b).

A vida útil não é um valor de tempo individualizado, dependendo de diversos factores, tais como: as condições de exposição, as condições de utilização, os tipos de materiais utilizados, a qualidade da mão de obra, o tipo de manutenção efectuada, o tipo de utilização dos utentes, entre outros factores (BARBOSA, 2009).

Conhecer os principais factores que influenciam o comportamento geral de um material ou componente facilita o seu entendimento, mas pode não ser suficiente para determinar a vida útil física visto que podem ser vários os factores inerentes no processo de degradação, entre eles, o mais importante, o meio ambiente (JÚNIOR, 2007).

A previsão da vida útil dos materiais de construção e componentes inclui a identificação da informação desejada, o desenvolvimento de ensaios, a interpretação dos dados recolhidos e a execução de um relatório com os mesmos resultados. Podem ser utilizadas tanto as análises do tipo determinísticas como as do tipo probabilísticas, ou ainda por método experimental. O método probabilístico deve ser utilizado quando se dispõe de uma amostra de tamanho considerável, para ser possível comparar a medida de desempenho de determinado material ou componente em determinada situação e tipo de aplicação (JÚNIOR, 2007).

Desta forma, para a previsão da vida útil física, distinguem-se três abordagens principais a seguir enunciadas (BRITO e GASPAR, 2003c; SILVA, 2011b):

- Método dos Factores - a vida útil de um elemento é função de uma durabilidade de referência, como é exemplo as indicações do fabricante, de acordo com as condições de serviço expectáveis, obtendo-se um valor absoluto indicativo da durabilidade do elemento estudado;
- Método Probabilístico - procuram traduzir a incerteza relacionada com a degradação de um elemento e a própria imprevisibilidade das condições reais de utilização, através de variáveis probabilísticas que definem a probabilidade de ocorrência de uma mudança de estado de conservação do elemento estudado;
- Método Experimental - numa fase inicial do processo de previsão da vida útil podem ser fornecidas metodologias de recolha de dados de desempenho, entendidas como de conhecimento empírico, fazendo parte a observação visual e o ensaio de degradação que pode ser executado de forma natural ou acelerado

Segundo Corvacho (2000), a previsão da vida útil das construções tem sido, ao longo dos anos, objecto e tema de diversos estudos, os quais, têm vindo a ser expressos e sintetizados em normas e regulamentos específicos a nível internacional, publicados sobre a forma de tabelas que apresentam indicadores de durabilidade sugeridos (MATOS, 2010). É exemplo o quadro de classificação do tempo de vida útil para as construções que se segue (Quadro 2.3), proposto pelo "Principal Guide for Service Life Planning of Japan", publicado em 1989. O Governo Japonês, detentor de um vasto parque imobiliário de habitação, começou a debater-se com os problemas inerentes à sua manutenção e reabilitação em consequência de uma degradação precoce desses edifícios, tendo um protagonismo bastante interessante uma vez que serviu de ponto de partida para várias normas reconhecidas atualmente (SILVA, 2011).

Este estudo foi patenteado numa versão inglesa mais sintetizada em 1992 (AIJ, 1993) recomendando valores médios para o tempo de serviço dos elementos que fazem parte da construção em função do tipo de uso atribuído ao edifício.

Quadro 2.3. Valores médios do tempo de serviço de elementos construtivos, em anos, baseado em AIJ (1993).

ELEMENTO CONSTRUTIVO	VIDA ÚTIL (anos)
Todo os edifícios	62
Cobertura em terraço	26
Cobertura inclinada	43
Fachada	48
Janelas	45
Portas interiores	39

2.3.3.1. MÉTODO DOS FACTORES

O método dos factores permite estimar a vida útil dos componentes de um edifício em condições específicas, sendo baseado numa referência de vida útil, normalmente o tempo de vida útil espectável num grupo bem definido e nas condições de utilização que é aplicado para aquele tipo de componentes ou conjunto, e numa série de factores que se referem às condições especificas de cada caso, através da multiplicação da vida útil de referência por factores determinísticos (SILVA, 2011a; HOVDE, 2002).

No Regulamento Japonês o método dos factores é baseado na deterioração física do elemento, caracterizando uma série de factores que influenciam a vida útil do elemento, transcrita pela seguinte expressão: Y = Ys * A * B * C * D * E * M (AIJ, 1993).

Em que: Y é a vida útil de referência, ou seja, a vida útil esperada para condições normais de utilização, A, B, C e M são factores relacionados com o comportamento ao longo do tempo e D e E são factores relacionados com o meio ambiente e a deterioração, onde:

A – desempenho dos elementos;

B – nível de projeto (factores de qualidade do projeto, pelo tipo de pormenorização e adequabilidade das soluções);

C – nível de execução (qualidade construtiva, pela existência ou não de especialização da mão-de-obra e pelas condições climáticas durante a execução);

M – nível de manutenção (existência de manutenção, tendo em conta a sua qualidade e frequência, assim como a acessibilidade para a execução das operações).

D – condições locais e ambientais (intensidade dos factores climáticos e da poluição);

E – condições dos edifícios (impactos mecânicos e categorias de utentes).

Desta forma, para a previsão da vida útil, são incluídos os princípios da avaliação da deterioração física e da avaliação da obsolescência (PAULO, 2009).

Estes conceitos serviram de base para a proposta da normativa internacional ISO 15686 – "Building and Constructed Assets - Service Life Planning". Esta descreve o método dos factores como uma forma de trazer em conjunto considerações de cada uma das variáveis que provavelmente podem afectar o tempo de vida útil da construção ou dos seus componentes. Este tipo de considerações podem ser utilizadas como uma forma de criar uma avaliação mesmo se as condições de referência não corresponderem totalmente às condições de utilização. Os dados podem ser reunidos com a experiência dos projetistas, ou pelas observações e intenções do gestor (HOVDE, 2002).

Esta proposta também incide sobre a previsão da durabilidade física de um elemento construtivo, já que permite, para além de estimar a vida útil, planear a periodicidade necessária de manutenção e substituição dos materiais e componentes, tendo como objectivo garantir que a vida útil de serviço seja maior do que a vida útil de projeto (JÚNIOR, 2007; SILVA, 2011a).

Pode-se assim obter, tal como no Regulamento Japonês, a estimativa da vida útil do componentes objecto de projeto a partir da modificação da vida útil de referência, tendo em conta as diferenças entre o objecto específico e as condições de uso de referência, na qual a vida útil de referência é valida (ISO 15686-1, 2011). Estas diferenças são classificadas em sete classes de factores, apresentando pequenas diferenças entre o objecto específico e a referência da condição de uso, não pondo em risco a precisão final exigida (JÚNIOR, 2007).

A vida útil de referência constitui uma das maiores fragilidades na utilização deste método, pois parece claro que o rigor na atribuição de um determinado valor à vida útil de referência é muito mais difícil de obter do que o que acontece com os factores de ajustamento. Sendo estes demasiado específicos, sobre condições de uso ou aplicação, a atribuição de valores próximos da unidade torna o trabalho bastante representativo da verdade (Ver quadro 2.4) (BOURKE e DAVIES, 1997).

A vida útil de referência é dada como um período documentado, em anos, no qual se espera que um componente ou grupo de componentes possam durar, representando o valor médio "esperado" de uma experiência, baseando-se em (JÚNIOR, 2007):

- dados fornecidos pelo fabricante, ensaios de laboratório;
- experiência prévia ou observação da construção ou de um material idêntico em condições similares;
- avaliação do Conselho da Comunidade Europeia de durabilidade, pelos seus certificados ou relatórios de serviço de avaliação de produtos nacionais;
- normas de construção, que possam fornecer vidas de serviço típicas para as componentes.

Cada factor, ou qualquer tipo de combinação, representa o desvio das condições assumidas, quando a vida útil de referência foi estabelecida. Os factores variáveis que podem ser considerados são (JÚNIOR, 2007; HOVDE, 2002; PAULO, 2009):

- factor A – Qualidade dos componentes – representa o componente concebido em obra, tendo como função medir a qualidade do projeto e do próprio componente;
- factor B – Nível de projeto - reflete a instalação do componente, na construção, baseando-se no facto do projeto proporcionar ao componente uma proteção contra os agentes de degradação ou não;
- factor C – Nível de execução dos trabalhos – representa o nível da qualificação da mão-de-obra e da fiscalização durante a fase de obra. Baseia-se na possibilidade da obra estar de acordo com as recomendações do fabricante e que seja rigorosamente controlada;
- factor D – Ambiente interno – indica a avaliação do meio ambiente, a exposição do componente aos agentes de degradação e suas severidades;
- factor E – Ambiente externo – indica a combinação adequada dos agentes de degradação externos e condições de exposição ao ambiente exterior;
- factor F – Condições em uso – factor que reflete o efeito do uso da construção, como o uso específico do espaço onde o componente está instalado;
- factor G – nível de manutenção - mesmo que a avaliação seja feita com base num nível planeado do manutenção, a probabilidade de ser alcançada pelo tipo de construção deveria ser incluída.

Quadro 2.4 - Formulação do método factorial para a estimativa da vida útil dos elementos construtivos (SILVA, 2011a).

RSLC	VUR	A B C D E F G	VUE	ESLC
$ESLC = RSLCxAxBxCxDxExFxG$				

Factores de ajustamento	Projecto		Envolvente		Serviço	
	A	Qualidade dos materiais	D	Ambiente interior	F	Condições de uso
	B	Nível de projecto	E	Ambiente exterior	G	Nível de manutenção
	C	Nível de execução				

A vantagem do método dos factores é que este permite examinar o que contribui como variações na vida útil de um determinado material ou componente e considerar e documentar a importância relativa de cada um desses factores (JÚNIOR, 2007). Como principais desvantagens, à utilização deste método, refere-se que este fornece resultados que representam o limite expectável da vida útil do elemento, analisado através da suposição de um ritmo de degradação constante e da independência de cada factor (SOUSA, 2008). O método dos factores não assegura a determinação do tempo de vida útil, mas sim, meramente fornece uma estimativa empírica baseada na informação fornecida (HOVDE, 2002). Segundo Bourke e Davies (1997), este método servirá inicialmente como uma forma de permitir objectivamente uma comparação e análise, funcionando como um método de previsão e de antecipação dos anos de serviço de um determinado elemento.

2.3.3.2. MÉTODO PROBABILISTICO

Os métodos probabilísticos traduzem-se em modelos onde a forma de avaliação é a diferença estatística dos parâmetros considerados, possibilitando análises mais complexas do que as resultantes do método determinístico. O desenvolvimento dos métodos probabilísticos decorreu da constatação empírica de que não existem duas construções que se degradem da mesma maneira e ao mesmo tempo, não sendo possível prever absolutamente a natureza, frequência e momento de ocorrência das ações de degradação. Torna-se então essencial o levantamento periódico do desempenho do elemento construtivo em estudo, de forma a garantir uma amostra representativa da realidade (GASPAR, 2002).

Este tipo de incerteza pode ser distinguida através de três modelos (PAULO, 2009):

- incerteza física – através da observação da variabilidade natural das propriedades dos elementos de construção de um edifício;

- incerteza do modelo – relacionando com a formulação matemática do modelo , como é exemplo a introdução de um determinado numero de simplificações ou pelo negligenciar das dependências entre determinados elementos;
- incerteza estatística – através da incerteza sobre as variáveis utilizadas.

O modelo de Markov é o método probabilístico mais divulgado no estado da arte dos métodos de previsão de vidas úteis de elementos da construção. Andrei A. Markov (1856-1992) publicou os seus primeiros estudos em 1906, tendo ingressado na Universidade de St. Petersburgo onde obteve os graus de mestre e posteriormente doutor. A sua investigação lançou o estudo sobre processos estocásticos, tendo tido diversas aplicações (PAULO, 2009).

A sua utilização compreende a simulação do transporte de um nível de degradação para outro ao longo do tempo (SOUSA, 2008), assumindo a deterioração como um processo estocástico, onde os critérios de desempenho são definidos por variáveis aleatórias. As observações de campo para cada variável ambiental formam as matrizes de probabilidade de passagem de estado, sendo desta maneira apenas necessário conhecer o estado atual do objecto em estudo.

As principais desvantagens inerentes a este método residem no facto de serem necessários muitos dados e observações e de os resultados não serem facilmente reconhecíveis em situações reais. A necessidade de grandes quantidades de informação, retiradas de trabalhos de campo, ao longo de muito tempo, torna os métodos probabilísticos pouco eficazes na sua função de prever a vida útil de determinado elemento construtivo.

Para além do método Markov, também devem ser considerados os designados Métodos de Engenharia, sendo objectivo destes modelos a obtenção de estimativas de vida útil com dados probabilísticos associados, mas mantendo a simplicidade de utilização e menor exigência de volume de dados, característico dos modelos determinísticos (SILVA, 2011b).

Os métodos de Engenharia mais utilizados são: “Failure Mode and Effect Analysis” (FMEA) e “Performance Limits Method (PLM).

As principais características do FMEA são (SILVA, 2011b):

- garantir um nível adequado de sistemas com fiabilidade e durabilidade durante a fase de envelhecimento, tendo em conta os diferentes componentes que potencialmente poderiam provocar critérios de desempenho;
- método de análise de risco, cujo princípio é definir todos os potenciais modos de degradação, as suas causas e consequências, para cada par componente/função;
- determinar cenários de degradação de uma forma interativa, onde se define passo a passo as possíveis degradações e as possíveis consequências;

- depois de explicitar, para cada componente, a evolução da degradação ao longo do tempo e de unificar as informações, a vida útil estimada vai corresponder ao cenário de degradação com a duração mais curta.

Por sua vez, O PLM é definido do seguinte modo (SILVA, 2011b):

- na simulação do desempenho ao longo do tempo até ser atingido um limite aceitável de funcionalidade ou desempenho;
- pelas metas de desempenho, individualizando requisitos e especificações de desempenho, que um componente tem que cumprir, traduzindo essas especificações em características funcionais e técnicas, individualizando o desempenho em limites para a vida útil.

2.3.3.3. MÉTODO EXPERIMENTAL

O método experimental pretende recolher informação habilitada para identificar quais os mecanismos e factores de degradação que mais afectam os requisitos considerados e quais os indicadores dessa mesma degradação. Com a experiência adquirida, estão criadas as condições necessárias à experimentação propriamente dita, realizada através de ensaios.

Devem realizar-se ensaios de curta duração e de longa duração, onde os resultados podem ser obtidos de inspeções realizadas a edifícios existentes, de resultados obtidos em experiências já realizadas ou de experiências em curso.

Se a degradação provocada pelos mecanismos e factores estabelecidos, em condições extremas, nos ensaios de envelhecimento acelerado, for semelhante à degradação observada nos produtos sujeitos às condições normais de utilização, durante longos períodos de tempo, então podemos estabelecer modelos de previsão do tempo de vida útil do produto. Caso contrário, todo o processo é repetido, utilizando diferentes condições de exposição até se obterem os resultados de degradação semelhantes aos obtidos em condições naturais de exposição (SILVA, 2011a).

2.3.4. REGULAMENTAÇÃO NACIONAL E INTERNACIONAL APLICADA À VIDA ÚTIL DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

Ao longo das duas últimas décadas, tem havido um crescente interesse em torno da determinação da vida útil dos materiais e componentes dos edifícios, tendo como base as questões ambientais e económicas, que cada vez mais têm um maior peso na tomada de decisões no sector da construção. Este tipo de preocupação tem-se reflectido nas numerosas atividades e publicações que se têm desenvolvido a nível nacional e internacional.

As normas são um exemplo, sendo um documento de utilização voluntária que reflete e torna do domínio público os conhecimentos válidos e as metodologias estabelecidas, apoiando o planeamento da vida útil das edificações.

Para o caso específico da vida útil, permitem simplificar, uniformizar e especificar materiais, racionalizar os processos industriais e definir níveis aceitáveis de qualidade, nomeadamente através de métodos de previsão, considerando que o seu planeamento deve ser encarado pelos técnicos projetistas como um critério de projeto.

Podem agrupar-se em três níveis segundo a sua proveniência: nacional (normas portuguesas, NP), regional europeu (normas europeias, EN) e internacional (normas internacionais, ISO), que não sendo leis não lhes confere carácter punitivo em caso de não cumprimento (SILVA, 2005).

Existem dois objectivos básicos das normas, sendo o primeiro o de estabilizar os níveis de qualidade de um material, produto ou sistema que um utilizador, projetista ou dono de obra pode especificar, e por outro lado padronizar e simplificar as variáveis, tais como dimensões, variedades e outras características específicas dos produtos, de forma a minimizar as variações na sua produção e utilização (OLIN, et al., 1995).

Além da normalização, cada nação pode criar leis específicas que obriguem o exercício da profissão sobre a construção de obras, segundo normas reguladoras vigentes, passando esses documentos a ter carácter legal em vez de normativo (SILVA, 2011a).

Também devem ser considerados os regulamentos técnicos que constituem em todos os países um dos fulcros da qualidade na construção, sendo neles que o Estado consagra a salvaguarda do bem comum e do interesse colectivo em relação à satisfação de exigências essenciais (RAVARA, et al., 2000). Atualmente a legislação proveniente da União Europeia assume um papel importante no sector da construção, pois dentro do conjunto da regulamentação técnica do sector da construção existem os regulamentos, que são documentos de carácter obrigatório, que contêm disposições legislativas, regulamentares ou administrativas, e que são adoptadas e publicadas, sendo aplicados diretamente a todos os estados membros sem transcrição no direito nacional (SILVA, 2005).

2.3.4.1. CASOS NACIONAIS

A situação da normalização em Portugal, no domínio da construção, está longe de se poder considerar satisfatória, sendo em número muito reduzido as normas de características, ou de qualidade, aplicáveis aos produtos de construção e as que visam a fase de execução das obras (RAVARA, et al., 2000).

A revisão do Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU) de 1951 para o Regulamento Geral de Edificações (RGE), de acordo com a Portaria n.º 62/2003 de 16 de Janeiro, apresenta grandes avanços na regulamentação portuguesa. Apesar da revisão ter sido aprovada em 2003, o RGE ainda não se encontra ativo, e o atual RGEU não cobre matérias como a durabilidade, a manutenção e a qualidade da edificação, não estando em conformidade com as normas regulamentares específicas que existem para as edificações, as evoluções tecnológicas, entre outras. No domínio do desempenho são impostos níveis mínimos, adoptando-se o princípio da flexibilidade conceptual e potenciando-se a responsabilidade profissional, atualizando-se quanto às matérias ausentes no anterior RGEU (CSOPT, 2004).

O RGE estabelece, relativamente à vida útil das construções, as seguintes considerações (SILVA, 2009):

- a vida útil de uma edificação corresponde ao período em que a respectiva estrutura não apresenta degradação dos materiais, em resultado das condições ambientais, que conduzam à redução da segurança estrutural inicial (Artigo 117º, n.º 1);
- durante a vida útil das edificações, devem realizar-se atividades de inspeção, manutenção e reparação, nomeadamente em relação aos diversos componentes da edificação que tenham durabilidade inferior à vida útil (Artigo 117º, n.º 2).

De carácter voluntário, alguns instrumentos e metodologias de apoio à garantia da qualidade na indústria da construção, são os textos técnicos, que se apresentam como os principais, e de grande utilização, no sector da construção, encontrando-se agrupados em normas e especificações (SILVA, 2005).

Muita desta atividade encontra-se inserida no Instituto Português de Qualidade (ISQ), estabelecido através do Decreto-Lei n.º 183/86, de 12 de Julho, o Estado dotou-se de um organismo nacional responsável pelas atividades de normalização, certificação e metrologia, bem como pela unidade de doutrina e ação do Sistema Nacional de Gestão da Qualidade, instituído pelo Decreto-Lei n.º 165/83, de 27 de Abril (ISQ, 2012).

Outro factor a ter em conta é a homologação de produtos, processos e sistemas de construção corresponde a uma avaliação técnica favorável da respectiva aptidão de uso, cobrindo a segurança, a saúde, a adequabilidade à função e a durabilidade. É responsável pela sua concessão em Portugal o LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, ao abrigo do disposto no artigo 17º do RGEU, sendo descrito que quando não existam especificações oficiais nem suficiente prática de utilização será condicionada ao seu prévio parecer técnico (RAVARA, et al., 2000).

A atividade de apreciação, homologação e apreciação técnica das novidades da construção devem ser encaradas como um instrumento de apoio, não só à garantia da qualidade, mas também à inovação, das quais depende o progresso da indústria da construção, minimizando os riscos de não qualidade

inerentes e trazendo benefícios para os diversos intervenientes no processo de construção, como fabricantes, projetistas, construtores, donos de obra, entre outros (RAVARA, et al., 2000).

2.3.4.2. CASOS INTERNACIONAIS

Existem já, em vários países, recomendações e guias para a previsão da vida útil dos edifícios, seus componentes e materiais. Os esforços internacionais no domínio da normalização no âmbito da durabilidade dos produtos da construção convergiram na elaboração da norma ISO 15686 no seio da TC59/SC14, no qual estão envolvidas diversas organizações internacionais, entre as quais o CIB – "International Council for Research and Inovation in Building and Construction", RILEM – "International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures", EOTA – "European Orgnization for Technical Approvals" e a ASTM – "American Society for Testing and Materials". Ao longo dos anos, esta norma evolui em complexidade até à sua versão atual, em dez partes (GASPAR, 2009).

É também exemplo no Reino Unido a existência da norma BS 7543:1992, "Guide to Durability of Buildings and Building Elements, Products and Components", onde se reconhece a diversidade de métodos para a estimativa da vida útil das construções e, não destacando nenhuma metodologia, propõe sempre que se adopte mais do que uma (GASPAR, 2002; CÓIAS, 2004).

Como referência, pode ser distinguido também, o desenvolvimento da norma ASTM, por parte da "American Society for Testing and Materials", onde são relacionados testes de degradação para a previsão da vida útil, modelando a funcionalidade com as condições de serviço dos edifícios (FLORES-COLEN, 2009). Das publicações da ASTM International destacam-se como relevantes para o tema, as seguintes normas (SILVA 2011):

- ASTM E1700 (2005a) que classifica diferentes escalas para a avaliação do desempenho da fachada de edifícios de serviços, tendo em vista as exigências dos utilizadores. Estas escalas indicam características relacionadas com o aspecto dos revestimentos, índice de infiltrações; sinais de degradação e a necessidade de pintura exterior e/ou de pequenos trabalhos de reparação.
- ASTM E1671 (2005b) que atribui um papel importante ao estado de limpeza das paredes exteriores para o desempenho geral do edifício (exterior e áreas envolventes).

No Brasil é de referir a produção de uma nova norma, em vigor desde Maio de 2010, que regula os parâmetros mínimos de desempenho das edificações, intitulada como NBR 15575, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), sendo a primeira norma do Brasil que estabelece parâmetros técnicos de avaliação do desempenho mínimo das edificações e que define uma vida útil mínima obrigatória para alguns elementos da construção (SILVA 2011). Já no Japão existe o "Guia para o

planeamento da vida útil", do Instituto de arquitetura, e no Canadá a norma CSA-5478, "Guia para a durabilidade de edifícios" (CÓIAS, 2004).

Particularmente importante, no sector da construção, foi a publicação da diretiva 89/106/CEE relativa aos produtos da construção, que estabelece a convergência das disposições legislativas, regulamentares e administrativas dos estados membros relativas aos produtos da construção. Para além da homologação, a Diretiva refere o objectivo de assegurar que no território dos diferentes estados membros as obras de construção e de engenharia civil sejam concebidas e realizadas de modo a que não comprometam a segurança. Esta diretiva estabelece um mecanismo através do qual os produtos contenham uma marcação que lhes confere o atributo de poderem ser utilizados e de poderem circular livremente no interior da comunidade (SILVA, 2005).

2.3.5. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA VIDA ÚTIL

A vida útil está intimamente relacionada com a durabilidade das edificações, e como tal é necessário que se estabeleça uma gama de indicadores de degradação, os quais devem representar os elementos que sofreram deterioração, isto é uma maior perda da capacidade de cumprir satisfatoriamente o desempenho (funcional, tecnológico ou económico), ao longo da sua vida útil (BARBOSA, 2009).

Durante a vida útil do edifício, existem parâmetros essenciais que devem ser definidos, logo na fase de projeto: a durabilidade, ou as expectativas que um elemento deve cumprir ao nível das funções que deve exercer, a manutibilidade, a limpeza, a reparação ou a substituição, e os custos de exploração, permitindo estimar a vida útil do empreendimento e com ele determinar os ciclos de manutenção, as inspeções, as reparações, entre outros procedimentos (FERNÁNDEZ, 2010).

Os indicadores de vida útil devem ser interpretados como um meio para escolher os produtos certos a aplicar em contextos específicos, por avaliação da viabilidade económica, física e funcional do desempenho das diferentes soluções, para o mesmo ambiente de aplicação e/ou utilização, permitindo avaliar diferentes opções técnicas, planificar e optar entre diferentes estratégias de intervenção em serviço e decidir sobre a viabilidade dessas opções, assim como o período de atuação. Pode então concluir-se que a viabilidade entre diferentes alternativas é definida por um contexto específico de projeto, influenciado por questões de durabilidade física e/ou funcional (SILVA, 2011b).

Tendo em conta a complexidade do comportamento das construções, ou, de facto, das suas partes constituintes, ao longo do tempo, e a relatividade do conceito de vida útil, a maioria dos estudos sobre a durabilidade das construções adopta um método determinístico, ou método dos factores, segundo o qual o problema é subdividido e analisado de acordo com duas ou mais categorias diferenciadas, nomeadamente: a deterioração física; o desempenho económico; a obsolescência funcional; a

obsolescência tecnológica; as alterações de contexto social; as mudanças do contexto envolvente; as alterações normativas; a degradação estética ou as alterações ambientais (GASPAR, 2009).

A tarefa do investigador passa por definir esses factores e conjugá-los de tal forma que os métodos de previsão de vida útil possam ser os mais representativos possível da realidade (HOVDE, 2004). Verifica-se, assim, que a vida útil é um conceito relativo que depende da definição de níveis mínimos aceitáveis de desempenho para o edifício ou suas partes integrantes, tendo muitas vezes em conta o contexto social, económico, político, estético, ambiental ou normativo que enquadra a sua avaliação.

Vários estudos sobre o tema, em vez de designarem uma vida útil para as construções, referem geralmente distintos perfis de tempo de serviço dos edifícios, de acordo com o uso que lhe é próprio (GASPAR, 2009):

- 3 a 5 anos para espaços comerciais, que se caracterizam por variações muito regulares e radicais, geralmente dependendo do mercado;
- 20 a 40 anos para edifícios de escritórios, caracterizados por uma grande afluência de ocupantes e por uma grande dependência tecnológica;
- 50 anos para edifícios institucionais, durante os quais estes atravessam mudanças geralmente lentas, caracterizadas por um crescimento constante e pela alteração da estrutura espacial original;
- no domínio da habitação, registam-se os maiores intervalos de longevidade, durante os quais os edifícios são regularmente sujeitos a pequenas intervenções. Dependendo do contexto e do tipo de manutenção a vida útil das habitações pode durar desde poucas décadas até períodos relativamente alargados.

De um modo geral, considera-se que se atingiu o limite de durabilidade de um elemento construtivo, quando determinado fenómeno de degradação (ou a ação conjugada de vários fenómenos) conduz à ultrapassagem de um valor limite crítico inaceitável, por obsolescência funcional, falta de rentabilidade económica ou pela degradação física das suas camadas hierarquicamente determinantes. Os próprios critérios do que é aceitável mudam ao longo do tempo, e a forma de definir os estados limite pode variar consoante se considerem "exigências de segurança, de funcionalidade ou de aparência" (GASPAR, 2008; JERNBERG, 1999).

Atualmente, o conhecimento pouco aprofundado sobre as características inerentes dos produtos da construção, e os comportamentos destes ao longo do tempo (HENRIQUES, 2001), não permitem a programação perfeita do desempenho de um edifício. Para além disso, geralmente não se conhece o efeito de todas as variáveis envolvidas no problema, sendo que a maior dificuldade em projeto reside no problema da modelação de todos os aspectos que possam condicionar o ciclo de vida da edificação, isolando as decisões na fase de "nascimento", estas que conduzirão a uma vida útil de projeto que será,

necessariamente, afectada pelas intervenções de manutenção e reparação efectuadas durante o "envelhecimento" da construção (período de serviço) (SILVA, 2011b).

Torna-se evidente a necessidade de uma compilação de valores de vida útil adaptada às condições portuguesas, que incida nos principais elementos construtivos utilizados. Neste sentido, há que reunir informação sobre a durabilidade e sobre as respectivas relações de dependência funcional dos elementos constituintes do edifício (SILVA, 2011b). A longo prazo, espera-se que uma aplicação consistente do planeamento da vida útil conduza à colectânea de dados úteis e permita o desenvolvimento de sistemas de conhecimento integrado e informatizado para projetos de construção e manutenção (JÚNIOR, 2007).

2.4. SÍNTESE

Todos os edifícios têm um ciclo de vida durante o qual "nascem", "envelhecem" e "morrem", numa analogia aos seres vivos. Cada vez mais, hoje em dia, os edifícios são mais complexos, assim como a profusão de materiais, sendo nestas condições as opções em fase de projeto decisivas para a ulterior manutenção do edifício. Tanto o projetista, que concebeu os espaços, como o gestor do edifício, que é responsável pelo tipo de ocupação, devem considerar estes problemas, ou seja a interligação entre o espaço, o utente e a função.

A manutenção passa a ser um factor determinante na escolha da melhor solução, passando a necessitar-se de valores de durabilidade, para as diversas partes do edifício, relacionados com o tipo de manutenção aplicados, com os factores que influenciam o processo de degradação , pois com o decorrer do tempo, os materiais, independentemente da sua natureza, sofrem alterações ao seu estado operacional (degradação) devido ao uso dos mesmos, e por vezes devido a outras condições subjacentes, como o meio ambiente envolvente ou o manuseamento a que são sujeitos.

Para que seja eficiente é fundamental a escolha apropriada de estratégias de manutenção e das tarefas inerentes à sua concretização, a partir do momento em que as estratégias de manutenção permitem controlar as condições de operacionalidade de um determinado produto.

Considera-se que, em regra, uma política de manutenção pretende recuperar o nível inicial de qualidade dos elementos, o qual é, tecnicamente impossível de alcançar, uma vez que, não obstante a manutenção mais eficaz, a idade dos materiais constitui uma barreira para atingir esse nível. A manutenção deve ser vista como uma atividade que permite ao edifício continuar a exercer as funções para o qual foi desenhado, sendo que este tipo de trabalho deve incluir algumas atualizações de forma a obter os princípios originais, agora apropriados às exigências, necessidades ou normas contemporâneas e a rectificação de possíveis falhas de projeto.

Verifica-se que a associação dos conceitos de vida útil e manutenção é inevitável. A concepção de uma construção durável implica a adopção de decisões e procedimentos que garantam aos materiais e componentes que a compõem, um desempenho satisfatório, ao longo do tempo. O objectivo do planeamento da vida útil é assegurar que a vida útil estimada da construção ou do componente alcançará, no mínimo, a vida útil de projeto. Como a extensão da vida útil não pode ser conhecida antecipadamente com precisão, o objectivo passa então ser fazer uma previsão confiável apropriada da vida útil usando dados disponíveis .

A estimativa da vida útil é uma ferramenta que tenciona aumentar a qualidade de um edifício, podendo ser utilizado para um caso específico, como para um estimativa mais generalizada. Todas as estimativas da vida útil devem basear-se nos requisitos, na degradação, no ambiente e no desempenho de um componente.

Concluindo, recomenda-se que a primeira, e essencial, intervenção dos serviços de manutenção de um edifício seja a avaliação das condições gerais do mesmo, devendo estabelecer-se também um programa para o controlo periódico do estado do edifício, evitando que as intervenções de manutenção se resumam à resolução de situações de emergência e que a vida útil de um edifício seja avaliada pela análise sistémica das suas partes constituintes. Ao nível mais particular, o foco deve ser uma análise dinâmica entre os critérios de desempenho, enquanto ao nível dos sistemas construtivos, devendo procurar-se integrar ainda mais o parâmetro funcional em detrimento da durabilidade física.

3. INCORPORAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO EM PROJETO

3.1. NOTAS INTRODUTÓRIAS

A maioria dos problemas com que as empresas de manutenção atualmente se deparam são muitas vezes representados por deficiências no projeto ou no desenho, pela má qualidade da construção e pelo pobre desempenho do edifício, estando diretamente relacionada com a funcionalidade dos espaços projetados, pela escolha dos materiais de construção e pelas opções tomadas ao nível dos equipamentos (ARIS, 2006). Esta ideia, que coloca sobre o projeto a maior percentagem de responsabilidade pelas anomalias verificadas, também tem uma relação direta com o atual enquadramento legal das atividades de concepção, sendo a legislação heterogénea, com diplomas obsoletos, dispersa e incipiente nas áreas da qualidade e responsabilidade (GAMA, 2005).

A aplicação da racionalização construtiva deve iniciar-se pela elaboração de um projeto com alto nível de qualidade, que garanta a execução eficiente da obra, resultando na diminuição de custos e no aumento do desempenho da edificação. A criação e utilização de uma estrutura de coordenação de projetos é essencial para se atingir estes objectivos. A coordenação de projeto deve prever a aplicação dos princípios de construtibilidade e desempenho, bem como atuar na definição de objectivos condicionantes, especificações de projeto e exercer o controlo da qualidade durante esta etapa do empreendimento (AGOPYAN e FRANCO, 1993).

A capacidade do edifício manter o seu desempenho ao longo da sua vida útil, respondendo ou excedendo as exigências que ditaram a sua execução, submetido a determinadas condições de serviço, ou seja de durabilidade, é condicionada por diversos aspectos, que se vão verificando desde a fase de projeto, passando pela fase de construção e terminando na fase de gestão do edifício (GAMA, 2005).

A necessidade da gestão da qualidade durante a fase de concepção, de especificação e de projeto, em vez da tentativa de controlo da qualidade durante a fase de construção, deriva da proposição que a prevenção é melhor que a cura. Uma aproximação tardia apenas resolverá os problemas que aparecem durante a construção e não aqueles que permanecem latentes, aparecendo durante a vida útil do edifício (CORNICK, 1991).

3.2. PLANEAMENTO DA MANUTENÇÃO

Outrora, dada a simplicidade dos edifícios, a reduzida escolha de materiais disponíveis e a abundância de mão de obra, a manutenção dos edifícios era relativamente mais fácil. Estas condições deixaram de

se verificar na construção, pois os edifícios recentes são cada vez mais complexos, principalmente no que diz respeito às suas instalações e sistemas e na profusão da aplicação de distintos materiais (CÓIAS, 2004).

Nestas condições as opções de projeto são decisivas para a ulterior manutenção do edifício, onde a preocupação principal dos utilizadores prende-se com a durabilidade dos mesmos. Um planeamento eficaz da manutenção permite diminuir custos e aumentar a vida útil da construção e dos elementos que a compõem, sendo por isso necessário criar um planeamento pró-ativo, logo na fase de projeto, tendo como objectivo a durabilidade da construção, no sentido de evitar anomalias futuras (BARBOSA, 2009; CÓIAS, 2004).

Ainda nos dias de hoje o conceito de manutenção não se encontra nas prioridades dos projetistas aquando a fase de projeto, muitas vezes devido ao facto dos donos de obra apenas terem em consideração os custos iniciais da construção, ignorando os custos de manutenção, de inspeção, de reparação e de substituição, necessários ao correto funcionamento do edifício ao longo da sua vida útil.

3.2.1. CONCEPÇÃO ARQUITETÓNICA

A concepção e o projeto são considerados como processos fundamentais para a qualidade e eficácia dos edifícios, pois é nesta fase do empreendimento que são tomadas decisões e são desenvolvidas formulações com maior repercussão ao longo do ciclo de vida do edifício, podendo representar uma economia significativa a longo prazo com a obtenção de custos inferiores de manutenção e de operação do edifício (SANCHES e FABRÍCIO, 2008). Um projeto de arquitetura definido de forma incorreta, mal especificado, corre o risco de conter um grande número de falhas aumentando, por consequência, o custo final da obra. Desta forma, a qualidade no processo construtivo passa por uma boa definição das exigências conceptuais do projeto e na sua transposição para a fase de execução, através da seleção de processos e técnicas de qualidade intrínseca dos materiais e dos componentes a incorporar na obra e na adequada qualificação dos diversos intervenientes (SILVA, 2000; VANNI, 1999).

Segundo pesquisas realizadas em vários países da Europa, citadas por CHAMOSA e ORTIZ (1984), MESEGUER (1991), MARDAGA (1989), CIRIA (1998) e CNUDDE (1991), no sentido da apropriação dos dados relativos às incidências e às causas das falhas em edifícios, é possível indicar uma média em torno dos 35% a 50 % para as falhas com origem na etapa de projeto, dos 20% a 30% para as de origem na execução, dos 10% a 20% para as originadas nos materiais e em torno dos 10% para as falhas devido ao tipo de utilização e manutenção.

Durante a fase de projeto de um edifício o projetista deve ser capaz de considerar uma série de factores de forma ao utilizador poder usufruir do mesmo com a máxima satisfação, não podendo um edifício apenas cingir-se ao seu aspecto estético ou funcional, mas sim promover ambientes propícios à

habitabilidade. Desta forma, é possível considerar um bom projeto aquele que inclui um desempenho aceitável, com um aspecto estético favorável, e com bons requisitos ao nível da vida útil dos seus componentes transmitindo condições de conforto, de segurança e de salubridade ao edifício (ARIS, 2006).

A necessidade de satisfazer as exigências criativas, ao nível do projeto de arquitetura, estão contidas dentro dos limites do que é possível no processo de construção de um edifício, sendo subjacente a esta realidade a preocupação de conceber um bom desenho com excelente qualidade e de uma forma inovadora, tendo em conta a pressão constante no que diz respeito à necessidade da redução dos custos da construção, tendo o projetista de ter em conta estas prioridades e ir ao encontro das mesmas (GRAY e HUGHES, 2001).

A indústria da construção dispõe de inúmeros instrumentos e metodologias de apoio à implementação de ações de garantia da qualidade ao longo do processo construtivo, nomeadamente: toda a legislação de base que abrange os regulamentos e as diretivas comunitárias, a atividade de normalização, de qualificação e de certificação das empresas que desenvolvem e estão presentes no processo de construção, a atividade de homologação e de certificação dos produtos, a qualificação dos técnicos e a acreditação dos laboratórios de ensaio (SILVA, 2000). Mesmo com o apoio à legislação, regulamentos, entre outros instrumentos de apoio às condições de produção dos edifícios, as construções são constantemente alteradas, sendo exemplo destas alterações as equipas de projeto, os locais de obra e as condições do meio ambiente envolvente, entre outros factores, tendo cada elemento físico da construção, frequentemente, de possuir um conjunto de propriedades que garantam o cumprimento das exigências mais variáveis, muitas vezes estas antagónicas (COSTA, 1995).

Qualquer projeto de realização de uma construção é de certa forma único, quer seja em termos de conjunto de recursos humanos, equipamento e tecnologia utilizada, quer seja em termos de local e ambiente envolvente. Ao contrário das restantes industrias, este tipo de produção é individual e não seriada, onde cada edifício é como se tratasse de um protótipo onde nunca existe uma segunda oportunidade de fazer melhor, não sendo possível rejeitar o empreendimento depois de acabado e impossível, em geral, executar ensaios de desempenho do produto final, como é feito nas restantes industrias (SILVA, 2000).

No âmbito desta problemática, o objectivo da fase de projeto deve ser o de determinar os aspectos essenciais desde o início do trabalho de concepção, sendo importante nesta fase a seleção de materiais, os tipos de detalhes a serem utilizados, os processos de construção e as estratégias de manutenção a adoptar (ROBERTSEN, 1999).

Torna-se assim necessário, ter em atenção em fase de projeto os seguintes critérios (CÓIAS, 2004):

- seleção dos materiais e componentes a utilizar:

- composição e propriedades conhecidas;
- vida útil e forma de envelhecimento conhecidas;
- facilidade de remoção, substituição ou alteração.

- tratamento das superfícies exteriores e interiores:
  - facilidade de renovação, através da simples aplicação de novas camadas;
  - possibilidade de remoção sem deterioração do substrato.
- instalações e Sistemas:
  - acesso fácil para manutenção corrente;
  - facilidade de reparação, substituição ou alteração, sem necessidade de destruir os acabamentos ou revestimentos;
  - sectorização, permitindo reparações localizadas sem interrupção do funcionamento do conjunto.

A versão provisória do novo Regulamento Geral das Edificações Urbanas, realizada pelo Conselho Superior de Obras Públicas e Transportes, CSOPT, revisão do atual RGEU, Regulamento Geral das Edificações Urbanas, no artigo 73º relativo à economia da construção, refere que "a concepção das edificações novas e das intervenções, os processos construtivos e as instalações a adoptar na sua realização, devem subordinar-se a critérios de racionalidade e economia que permitam obter a melhor racionalização da mão-de-obra, dos materiais e dos componentes, bem como da ciência e da tecnologia disponíveis, considerando o ciclo de vida útil das edificações". Este artigo do regulamento refere e defende, assim, a importância de se considerar os custos durante todo o ciclo de vida da edificação e não apenas durante a fase de construção, que atualmente não detém grande preocupação.

Este tipo de atualizações aos regulamentos existentes demonstram que ao longo dos tempos foi sendo provado que a seleção de um correto projeto acoplado à escolha correta dos materiais e sistemas leva a efeitos de longa duração na desempenho de um edifício (ARIS, 2006), sendo, desta forma, justificável que a deficiente concepção, uma escolha inadequada dos materiais, um uso indevido e uma má execução estão na origem das principais anomalias existentes num edifício. Muitas delas podem ocorrer de forma prematura, logo após a construção, agravando-se com o tempo, até atingir níveis de degradação preocupantes (BARBOSA, 2009).

O arquiteto desempenha um papel chave na obtenção da garantia da qualidade, devendo o projeto ter em conta o processo pelo qual o edifício vai ser construído em adição à imagem que se pretende obter quando finalizado. O projetista deve apreciar cuidadosamente as complexidades do processo e materiais de construção utilizados, se pretende de facto alcançar qualidade, não tendo só o dever de interpretar e desenvolver o programa do cliente, elaborar especificações e documentação para a obra, mas também o compromisso de controlar que o projeto é cumprido durante a sua execução. O arquiteto assume assim os papéis de projetista e especificador (BRITO, 1993).

Nesta fase, os membros da equipa de projeto devem preocupar-se em satisfazer os seguintes aspectos (GOMES, 1992):

- escolher soluções que necessitem de custos diferidos mínimos, em que se preveja a máxima durabilidade;
- localizar os elementos e componentes que necessitam de manutenção mais frequentes, de modo a encontrarem-se acessíveis, providenciando os acessos se tal for necessário;
- especificar os equipamentos necessários à observação, medições, verificações e outras operações relativas à manutenção;
- aconselhar o cliente e os utilizadores para que o pessoal de serviço ao edifício tenha formação e experiência adequadas, especificando a contribuição que os fornecedores do equipamento podem dar neste domínio;
- preparar manuais de exploração e manutenção;
- obter informações sobre o comportamento de soluções, já em fase de utilização, através do respectivo acompanhamento e de contactos frequentes com os seus utilizadores.

A fase de concepção e a de exploração mantêm uma relação de interdependência na qual as decisões tomadas na fase de concepção influenciam, de maneira significativa, o desempenho do edifício ao longo da sua fase de utilização. Seria por isso, desejável que ao longo do processo, todos os intervenientes, quer sejam projetistas, fabricantes, empreiteiros ou utilizadores, trabalhassem em conjunto (MILLS, 1994), devendo os projetistas, para além de elaborarem os projetos segundo normas e regulamentos, responder às diversas necessidades dos futuros utilizadores e gestores do edifício, conforme esquematizado no quadro 3.1 (MAURÍCIO, 2011).

Os projetistas normalmente baseiam o seu trabalho e as suas decisões ao nível de projeto naquilo que têm conhecimento e na sua maioria não é dado o acesso ao edifício para perceber o comportamento ao longo do tempo do edifício que projetou (CHONG, 2006). A averiguação das soluções e procedimentos adoptados em antigos projetos e durante a fase de uso e manutenção do edifício é uma importante fonte de informação para a evolução dos processos construtivos, bem como para a constante melhoria da qualidade das construções elaboradas (AGOPYAN e FRANCO, 1993).

Conhecidas algumas anomalias frequentes nos edifícios e elencadas as causas que lhe deram origem, o arquiteto deve, no momento da concepção arquitectónica, encontrar soluções para que os fenómenos já observados não aconteçam. Esse trabalho deverá ser feito em duas vertentes da sua atividade: na concepção, materializada na produção de desenhos, e na especificação dos materiais (GAMA, 2005).

Quadro 3.1 – Componentes da qualidade do projeto, baseado em PICCHI (1993).

COMPONENTES DA QUALIDADE DO PROJETO	SUB-COMPONENTES	PRINCIPAIS ASPECTOS RELACIONADOS
Qualidade do programa		pesquisas de mercado; necessidades dos clientes; antecipação de tendências.
Qualidade da solução	atendimento ao programa	funcionalidade; estética; proteção; status.
	atendimento às exigências psico-socais	
	atendimento às exigências de desempenho	segurança; habitabilidade; desempenho no tempo; economia na utilização.
	atendimento às exigências de otimização da execução	racionalidade; padronização; construtibilidade; integração de projetos; custo da obra.
Qualidade da apresentação		clareza de informações; detalhe; informações completas; facilidade de consulta.
Qualidade do processo de elaboração de projetos		prazo; custo de elaboração de projetos; comunicação e envolvimento dos profissionais.

Segundo o guia da durabilidade dos edifícios e dos elementos da construção, BS 7543 (1992), as principais causas de deterioração que podem afectar a vida útil dos elementos de construção, devem-se essencialmente a ações climáticas, de infestação biológica, de interações físicas e químicas e devido ao uso corrente. Este guia defende que esses tipos de deterioração podem ser acelerados devido a um fraco planeamento de projeto, a uma seleção inadequada dos materiais, à fraca mão-de-obra e a uma manutenção insuficiente ou deficiente (BARBOSA, 2009).

3.2.2. SELEÇÃO DOS MATERIAIS

A seleção dos materiais da construção é baseada em aspectos funcionais, técnicos, económicos, ambientais e estéticos que estes vão requerer, sendo que este tipo de requisitos devem satisfazer as necessidades do edifício da mesma forma no início da construção como durante a sua vida útil. A degradação dos materiais de um edifício, na maioria dos casos, acontecem como resultado de processos químicos ou biológicos combinados com ações físicas, podendo assim considerar que o tempo de vida útil deverá ser em parte quantificado tendo em conta as propriedades dos materiais, o seu desenho, o tipo de tratamento da superfície, a sua exposição aos agentes atmosféricos e o tipo de manutenção que é oferecida (ROBERTSEN, 1999).

Desta forma, para uma eficiente garantia da qualidade, no que diz respeito à seleção de materiais para a construção, o autor do projeto deve ter em conta os seguintes aspectos (BRITO, 1993):

- especificação dos materiais e componentes;
- cuidadosa pormenorização e especificação;
- assegurar a exequibilidade da construção.

É relevante ter em conta que a composição química de um material e a sua microestrutura determinam a durabilidade para um tipo de exposição, podendo a durabilidade ser quantificada e expressa através do seu tempo de vida útil, com base em estudos e modelos de degradação, considerando as ações a nível ambiental, a severidade da sua exposição e as condições de rotura, entre outros dados conhecidos com influência sobre a mesma.

Se for corretamente previsto o tempo de rotura de determinado elemento podem ser evitados custos de manutenção e de reparação excessivos, permitindo esta previsão optimizar os aspectos técnicos e económicos aquando a fase de projeto e permite a avaliação da vida útil de determinado elemento.

Na fase inicial de projeto o objectivo de considerar a vida útil dos materiais deve ser considerado como primordial, sendo esta a base de estudo para um projeto de durabilidade (ROBERTSEN, 1999). Os materiais e elementos considerados em projeto devem ser devidamente descritos em Caderno de Encargos mas, apesar de reconhecida a importância do mesmo, verifica-se que a sua elaboração é muitas vezes descuidada e inadequada para a obra em questão. É neste documento que se encontra condensada toda a informação relativa à seleção de materiais, às exigências que têm que satisfazer e ao modo de verificação dessa satisfação, através de planos de inspeção e ensaio, com a definição de regras para a sua aceitação e rejeição. É ainda aqui que se encontra a definição das formas de executar os trabalhos, visando o cumprimento dos objectivos consignados nas peças desenhadas dos projetos de forma a se garantir a obtenção da qualidade da própria obra (SILVA, 2000).

3.2.3. PREVISÃO DAS OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO

A manutenção é uma atividade imprescindível ao longo da vida útil de um edifício pois, como qualquer sistema que sofre avarias, também a construção não é perfeita e necessita de reparações periódicas que reconstituam os seus componentes vitais (BARBOSA, 2009).

A utilização do edifício será tanto mais facilitada quanto mais, na fase de concepção e projeto, se prever o modo de efetuar as operações de manutenção e exploração, pretendendo , sempre que possível, obter um conjunto de benefícios correspondentes à satisfação de determinados aspectos que caracterizam, de um modo geral, as condições adequadas para o desenvolvimento destas atividades no edifício (GOMES, 1992).

Para que seja praticável, as partes constituintes de um edifício devem ser projetadas com flexibilidade, ao nível dos componentes e elementos construtivos, de forma a potenciar a sua substituição ao longo da vida do edifício. Na opinião de Falorca (2004), a sua substituição ou reparação deverá efetuar-se com o mínimo de perturbações na habitabilidade do espaço interior, reforçando a ideia de que certos cuidados na adaptabilidade do projeto podem evitar preocupações maiores em atividades de reposição aquando da exploração do edifício. Para além da facilidade da substituição ou reparação, ao projetar ou especificar um componente ou material para o edifício o projetista deve procurar responder a questões referentes à acessibilidade, à limpeza e à durabilidade (MAURÍCIO, 2011).

Os três principais factores que influenciam os defeitos relacionados com a falta de consideração do conceito de manutenção durante a fase de projeto, que as empresas de manutenção enfrentam atualmente são (ARIS, 2006):

- deficiências no projeto do edifício, incluindo os aspectos funcionais, a escolha dos materiais de construção e as opções dos equipamentos;
- fraca qualidade da construção, incluindo a falta de qualificação da mão de obra, supervisão, métodos de construção e materiais utilizados;
- baixo desempenho do edifício, diretamente relacionado com os aspectos funcionais do mesmo, pela escolha de materiais e escolha de equipamento.

Pequenas alterações na fase de projeto podem proporcionar um grande impacto nos custos de operações e manutenção do edifício (RESENDE, 2004). As principais questões relacionadas com o desenho em projeto e a sua relação com a manutenção dos edifício devem ser enfatizadas de forma a assegurar o uso e os aspectos económicos durante a vida útil do edifício, sendo essencial que os utilizadores de qualquer edifício tenham em conta:

- o desenho do edifício como influência do custo de inevitáveis programas de manutenção, devendo estas ser formuladas desde o início do projeto, pois os custos durante a vida útil estão automaticamente determinados antes da construção do edifício. É exemplo como um correto desenho das fachadas pode influenciar a realização de eficientes trabalhos de manutenção, através de opções que caracterizam a sua volumetria e por consequência o acesso à mesma;
- a escolha de materiais e soluções técnicas que devem ser cuidadosamente consideradas para a previsão de padrões de utilização e as suas possíveis alterações dentro desses padrões. Este tipo de opções devem ser determinadas de forma a proporcionar uma correta utilização através da sua apropriação ao espaço, à sua função, ao tipo de utilização e determinação da vida útil estimada ;
- a importância do detalhe no desenho de um edifício, podendo estes causar a falha ou o sucesso em qualquer projeto onde um desenho cuidado pode diferenciar a forma como os agentes de degradação interferem sobre os elementos e materiais de construção;

- o desenho da acessibilidade, pelo interior e pelo exterior do edifício, sendo esta preocupação vital se os trabalhos de manutenção, reparação e substituição forem tomados sobre consciência económica e sem interferir os ocupantes dos edifícios;
- a disponibilidade da substituição de componentes parte do edifício e equipamentos, quando eles atingiram o final da sua vida útil.

Podem evidenciar-se algumas das origens e causas de erros na fase de projeto, relativamente à construção de edifícios, nomeadamente (GONÇALEZ, 1994):

- desenhos incompletos, omissos, mal executados, inexpressivos ou ilegíveis;
- pormenorização incompleta e mal estudada;
- especificações ignoradas;
- cotas erradas, mal determinadas ou omissas;
- dimensionamento: falta de conhecimentos que permitam a análise critica do programa e desconhecimento de exigências específicas;
- legislação ignorada ou não aplicada.

Conforme referido, para uma correta operação da manutenção, o projeto deve considerar os princípios de funcionamento, detalhes construtivos, modos de execução e critérios de seleção de materiais, que permitam enfrentar as diversas agressões que o edifício vai sofrendo ao longo da sua vida útil, prevenindo a sua degradação, considerando a partir destes factores os procedimentos de manutenção do edifício, de forma a fornecer aos utilizadores toda a informação necessária acerca das necessidade de manutenção dos componentes e sistemas presentes no edifício (GOMES, 1992), podendo os trabalhos de manutenção englobar as necessidades de inspeção, de reparação, de substituição ou de limpeza

Conforme referido anteriormente, o projeto deve ser sempre acompanhado de um documento escrito, designado por condições técnicas ou caderno de encargos, que deverá descrever os materiais de construção e os locais onde serão aplicados, determinando as técnicas exigidas para o seu emprego (VANNI, 1999). É a partir deste documento que ainda na fase de projeto deve ser efectuado um planeamento da conservação da obra construída, indicando nomeadamente, os tempos previsíveis de utilização dos diferentes sistemas e a vida útil previsível dos acabamentos e revestimentos. Estes dados vão ser essenciais para a elaboração de um manual de utilização e manutenção para as edificações, que apesar de reconhecidamente importante a elaboração deste documento ainda não é corrente, sendo que a sua inexistência resulta, a par de uma má utilização das edificações, em ações de manutenção desencadeadas, descoordenadas, deficientes e esporádicas, sendo estas, quase sempre, despoletadas em situações críticas (SILVA, 2000).

Todos as novas construções devem assim incluir um manual de manutenção, de forma a que o proprietário do edifício possa cuidar e manter o seu edifício durante a sua utilização (ARIS, 2006). Estes manuais podem evitar várias anomalias decorrentes da má utilização e falta de manutenção,

possibilitando inclusive o aumento da vida útil de diversos componentes da edificação (AGOPYAN e FRANCO, 1993).

A gestão da manutenção aparece como uma matéria essencial ao longo do ciclo de vida útil e necessária de ser definida logo na fase de projeto tendo em conta: o comportamento em serviço dos seus elementos, os principais agentes de degradação, os custos envolvidos, os níveis de qualidade e quais os tipos de anomalias mais relevantes (BARBOSA, 2009), em primeiro lugar para cada elemento, constituindo planeamentos parciais, e posteriormente para todo o edifício, como um planeamento integrado. Esta metodologia pressupõe a manutenção como uma etapa do edifício, que abrange diversas atividades, movimentando recursos e custos (FLORES-COLEN e BRITO, 2002) .

Para responderem às referidas necessidades, os projetistas devem preconizar um projeto com condições de funcionalidade e durabilidade, quer ao nível dos materiais a utilizar quer ao nível do próprio projeto, no que diz respeito ao processo de manutenção (MAURÍCIO, 2011).

3.3. SÍNTESE

A deterioração é um processo natural e sendo esta inevitável é possível ser minimizada pelos cuidados considerados durante a fase de projeto, como pela seleção de materiais e na opção por métodos de construção corretos no decorrer da vida útil do edifício. A maioria dos trabalhos de manutenção são inevitáveis, pois estão dependentes da natureza dos materiais e da sua deterioração ao longo do tempo, através da sua utilização e da exposição dos elementos ao meio ambiente.

Contudo à partida, a deterioração dos materiais e componentes deve ser controlada através de decisões feitas durante a fase de projeto, sendo as características da manutenção de um edifício resultado do projeto e do desenho do mesmo. Em adição pode-se responsabilizar os projetistas, as más especificações e uma fraca mão do obra às falhas consequentes, normalmente difíceis e dispendiosas no seu diagnóstico e solução.

Os projetistas têm uma importância capital na escolha adequada das soluções tecnológicas, dos materiais, em termos de durabilidade, funcionalidade, dos custos envolvidos, assim como na previsão de acessibilidades e de condições de segurança para a execução das operações a implementar durante a vida útil dos edifícios.

Verifica-se que existe frequentemente uma falta de coerência interna do conjunto do projeto onde a coordenação é insuficiente, dificultando a capacidade de ser bem compreendido e logo de ser bem executado. Não existem atualmente metodologias a seguir na fase de projeto, no sentido de perspectivarem uma garantia de qualidade dos aspectos relacionados com a manutenção, sendo urgente a existência de documentação técnica acessível aos projetistas, incluindo os procedimentos a

adoptar e as técnicas de concepção que permitam antever o comportamento dos elementos numa perspectiva de uma manutenção adequada evitando erros futuros de projeto.

Para que assim seja possível, logo na fase de projeto deverá ser iniciado um Plano de Manutenção e Utilização, onde estarão indicadas todas as ações de manutenção a realizar, a sua periodicidade, recomendações de utilização e outras particularidades. Este documento deverá estar em concordância com a Compilação Técnica ou Caderno de Encargos, parte integrante do projeto de execução de um edifício.

Uma política de manutenção, em edifícios, pretende-se clara nos objectivos e métodos a aplicar durante a fase de exploração e utilização. Este desiderato só é possível quando existem metodologias próprias que permitam identificar os principais parâmetros relativos a cada tipo de estratégia, uniformizando conceitos e procedimentos. Neste sentido torna-se importante a sistematização das diferentes estratégias de manutenção, de carácter pró-ativo, nomeadamente as preventivas, as preditivas e as de melhoramento.

Muitas vezes a manutenção do edifício fica encarregue a uma equipa especializada e raramente estes entram em contacto com os projetistas e como resultado as decisões de projeto que não funcionam como era expectável continuam a ser repetidas em todos os novos edifícios.

4. METODOLOGIA PARA AS FACHADAS EM VIDRO

4.1. NOTAS INTRODUTÓRIAS

A fachada constitui um dos elementos principais do edifício, devido encontrar-se na interface entre a estrutura e o meio exterior (BARBOSA, 2009), trabalhando como a "pele" que o encerra e protege os ocupantes das intempéries e dos agentes exteriores de deterioração, devendo desta forma ser resistente aos mesmos. O elemento de fachada cria desta forma um ambiente artificial no interior do edifício e, para além disso, dá a primeira impressão do mesmo, devendo esta ser esteticamente agradável (NUS, 2012; COIAS, 2004).

Segundo a análise efectuada pelo SYCODÉS, "Système de Collecte dês Désordres", mecanismo criado pela "Agence Qualité Construction", entre 1999 e 2001 em França, a fachada trata-se do elemento construtivo que evidenciou um maior número de sinistros, 20%, conforme figura 4.1, bem como a parcela mais importante dos custos de reparação de danos (SOUSA, 2004).

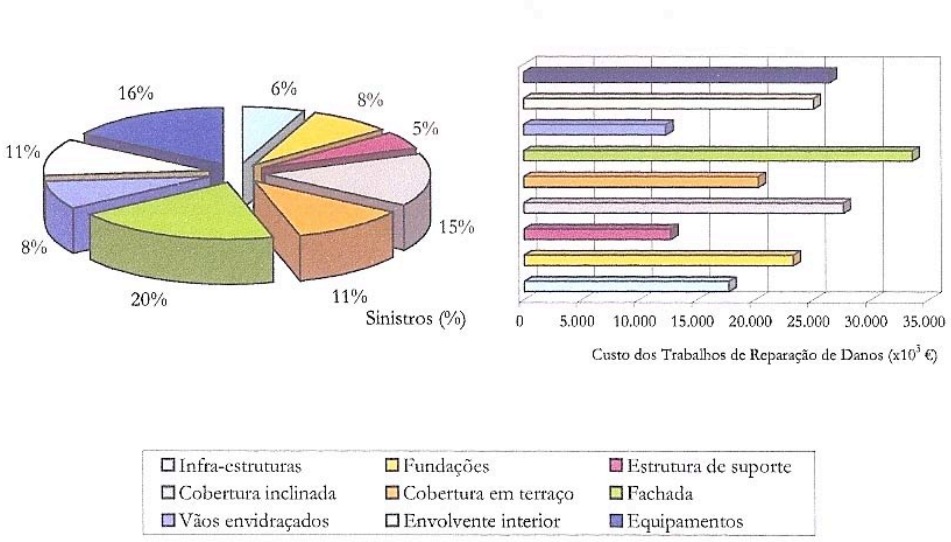

Figura 4.1 – Distribuição dos sinistros analisados e do custo dos trabalhos de reparação de danos em função dos elementos construtivos (SOUSA, 2004)

É função das fachadas, acima de tudo, resistir aos agentes de degradação sem deterioração significativa, conservando as suas características às ações exteriores, às de choque e às de atrito, a que possam ser submetidas, resultantes da utilização e sua ocupação normal (LUCAS, 1985). A altura, a orientação e a localização do próprio edifício tomam particular importância no modo de perceber o seu comportamento, já que as diferentes condições estão diretamente relacionadas com a maior ou menor

agressividade das condições climatéricas (FLORES, 2002) e outros agentes de degradação que podem interferir com o sistema.

Existem diversas estratégias de manutenção que podem ser aplicadas e, segundo Falorca (2004), com a sua previsão e realização adequada, é possível determinar os instantes, durante a vida útil dos elementos, em que se deve proceder a intervenções de reparação ou substituição, optimizando custos e recursos que minimizam gastos desnecessários para tais intervenções.

A manutenção tem grande importância na durabilidade dos edifícios pois, ao longo da sua vida útil encontram-se submetidos a inúmeros agentes de deterioração que afectam o seu desempenho (MAURÍCIO, 2011). Estas atividades têm, segundo Lichtenstein (1985), citado por Resende (2004), como objectivo repor parcialmente o desempenho inicial do edifício, uma vez que existe sempre uma perda residual, ou seja, uma deterioração irreversível. No caso das fachadas os agentes atmosféricos são aqueles que têm uma ação mais constante sobre as mesmas, sendo potencialmente as mais intensas fontes de degradação. Estes factores revestem-se de grande influência no desempenho do edifício por serem de controlo impossível e por atuarem constante e livremente sobre as construções (GAMA, 2005).

4.2. DESEMPENHO E CONCEPÇÃO

A finalidade de um edifício é promover um abrigo, já o propósito da arquitetura é inspirar. Quando estas duas realidades se encontram o edifício é capaz de promover conforto, segurança para os seus ocupantes e também trazer sensações estéticas para aqueles que o habitam ou o observam (ASHFORD, 1995). O desenho das fachadas trata da imagem do edifício como define a sua capacidade de acolher os utentes, defendendo-os dos agentes exteriores, criando um ambiente interior controlado.

Desta forma, e uma vez que as fachadas são um dos subsistemas mais importantes de um edifício, a análise do seu desempenho deve iniciar-se pelo estudo particular de cada componente constituinte deste subsistema e só depois proceder à análise global da fachada.

Assim, a qualidade do projeto de concepção e de execução da fachada de um edifício é essencial para se evitar a sua degradação e envelhecimento precoce, devendo procurar atingir-se a exigência máxima em termos de durabilidade, de resistência a intempéries e a agentes externos agressivos, bem como permitir a optimização do nível de conforto ambiental interior, no que diz respeitos às suas características térmicas, acústicas, de ventilação, de iluminação natural, entre outras (MADUREIRA, 2011).

4.2.1. EXIGÊNCIAS E GARANTIA DE QUALIDADE

O desempenho de uma fachada está dividida em três grupos de importância para os utentes e funcionamento, sendo estes a segurança, a habitabilidade e a adequabilidade ao uso (FLORES-COLEN, 2009). Dada a sua posição, no que diz respeito à integração na construção, este tipo de parede tem que satisfazer requisitos substanciais em termos físicos do edifício, como é exemplo as implicações que a força do vento tem sobre a fachada, os movimentos induzidos devido à temperatura e a estanqueidade à água (NIJSSE, 2003).

Pretende-se assim que os revestimentos exteriores respeitem as seguintes exigências (FLORES-COLEN, 2002):

- proteção das ações dos diversos agentes agressivos, resistindo eles próprios a esses agentes;
- estanqueidade da parede à água;
- planeza;
- verticalidade e/ou regularidade superficial da parede;
- que se mantenham limpos ou que torne fácil a sua limpeza.

Para além das exigências apresentadas, também devem ser considerados alguns critérios de avaliação da qualidade para os mesmos revestimentos dos paramentos exteriores (FLORES, 2002):

- critério técnico - adequação à localização no edifício, ao processo construtivo, às solicitações e às condições climatéricas;
- critério funcional - adequação à utilização e funcionalidade;
- critério estético - adequação ao enquadramento arquitectónico;
- critério económico - custo do material, da sua aplicação e da sua manutenção.

Dada a universalidade exibida por este tipo de estruturas, a sua adaptação à arquitetura do edifício exige a realização atempada de um projeto de pormenorização, destinado a conceber as soluções de execução e de montagem que permitam às fachadas em vidro desempenharem com eficácia as funções pretendidas.

Se a concepção e a construção das fachadas não for a mais adequada, é possível obter-se um produto final de fraca qualidade, mesmo tendo sido especificados produtos comerciais, ao nível dos alumínios e vidros, estes com elevados níveis de qualidade e certificados. Desta forma, para garantir a qualidade final adequada, e a gestão da qualidade da concepção, a construção das fachadas em vidro tem que ser equacionada envolvendo todos os intervenientes, desde a promoção, passando pela concepção e projeto e até à sua execução em fábrica e montagem em obra. Com o êxito desta estratégia de gestão

não só se assegura a qualidade final das fachadas leves como as torna aptas ao uso previsto para o edifício (BRAZ, 2003).

É importante aquando a concepção da fachada ter em conta, para a durabilidade do edifício que esta envolve, o controlo do fluxo do vapor de água, do ar, do calor e da penetração de chuva, assim como promover a robustez e rigidez da mesma (WISEMAN, 1997). O ambiente exterior ao qual os componentes da fachada estão expostos podem ter um efeito significativo sobre o seu desempenho, já a forma como cada elemento é utilizado pode ter uma influência expressiva sobre a sua longevidade (BLP, 2001).

A ausência da aplicação de metodologias de garantia da qualidade aos processos de instalação de fachadas de vidro em edifícios é fonte da vasta não qualidade atualmente existente em Portugal, podendo-se agrupar as causas de maior impacte como (BRAZ, 2003):

- incoerente política da qualidade dos promotores – embora seja intenção inicial dos promotores adquirir materiais e componentes com bons níveis de qualidade, é vulgar condicionarem posteriormente a qualidade final das fachadas em vidro quando optam por não investir num projeto de construção e num caderno de encargos suficientemente pormenorizado e preciso, de modo a superar todas as omissões e indefinições. Para além deste factor, também por não investir numa revisão do projeto, de forma a mitigar todos os erros, não investir num Plano de Inspeção e Ensaio do Empreendimento, implementando assim um adequado controlo da qualidade em todas as fases de construção, e consequentemente, no processo de instalação da fachada e por pressionar economicamente o instalador, conduzindo-o a práticas que podem condicionar negativamente a qualidade final das fachadas em vidro;
- deficiente prescrição das séries de alumínio – pelo falta de aconselhamento por parte dos projetistas junto dos serviços técnicos dos fornecedor, é o caso da deficiente resolução de incompatibilidades entre a arquitetura do edifício e as características da série de alumínio, forçando a adaptações incorretas da série;
- deficiente execução fabril e montagem em obra – os instaladores nem sempre solicitam o apoio técnico do fabricante, permitindo a ocorrência de não-qualidade, muitas vezes devido à deficiente habilitação técnica do instalador, traduzindo-se no desconhecimento dos procedimentos corretos e, por vezes, mesmo dos elementos e dos acessórios da série, adequados à solução do projeto, ou pela incapacidade do instalador de avaliar a sua aptidão tecnológica para realizar a obra em conformidade com o projeto e o caderno de encargos técnico;
- deficiente controlo da qualidade de instalação – pela falta de investimento na implementação de um Plano de Inspeção e Ensaio do empreendimento.

Para colmatar estas evidências, na última década, no âmbito da atividade de investigação, o LNEC tem vindo a desenvolver estudos de garantia da qualidade do processo de instalação das fachadas em vidro exteriores, destinados a apoiar a gestão da qualidade final deste tipo de componentes dos empreendimentos, no decurso das suas fases de concepção/projeto, produção e montagem em obra, onde normalmente intervêm o promotor, o projetista, o empreiteiro, o instalador e o gestor do empreendimento (MADUREIRA, 2011).

Desta forma, a garantia da qualidade das fachadas em vidro passa pela constituição de parte ou da totalidade de determinadas funções, sendo essas (BRAZ, 2003):

- revisão do projeto – destina-se a avaliar e, sempre que necessário, a melhorar as soluções da concepção/projeto das fachadas em vidro, do ponto de vista mecânico, funcional, térmico e acústico. A atividade de revisão de projeto engloba normalmente duas fases: a revisão do projeto de arquitetura e do caderno de encargos técnico, no que diz respeito às fachadas em vidro e na revisão do projeto de execução das fachadas em vidro, que pormenoriza a sua produção e montagem em obra;
- qualidade experimental do projeto – a fim de qualificar experimentalmente a concepção do ponto de vista do desempenho mecânico e funcional, o LNEC procede ao ensaio de protótipos selecionados como representativos da maioria das soluções de projeto. No decurso dos ensaios e sempre que se observam insuficiências funcionais, procede-se a estudos de desenvolvimento experimental do seu desempenho, para a definição de ações corretivas, comprovando o desempenho adequado das fachadas de vidro às necessidades de segurança, conforto e durabilidade expectável para a sua utilização;
- qualificação experimental do instalador – na medida em que o instalador das fachadas em vidro também fabrica e monta os protótipos selecionados para ensaio por parte do LNEC permite, em simultâneo, qualificar experimentalmente a capacidade de realização daquele interveniente no processo de instalação;
- auditorias da qualidade à montagem em obra – destinadas a avaliar a qualidade da produção e da sua montagem em obra, através de três auditorias da qualidade de produto, realizadas pelo LNEC, através de deslocações à obra logo após o início da montagem, em segundo sensivelmente a meio da montagem e por último após o instalador ter procedido à entrega formal da obra.

Sempre que o LNEC considera que este estudo se concretizou satisfatoriamente na obtenção dos objectivos propostos, é concedida ao edifício a Certificação LNEC da Qualidade do processo de Instalação, através da emissão de um certificado, que atesta não só a realização do estudo mencionado, como também a eficácia dos resultados obtidos com a sua realização.

4.2.2. PROJETO

A principal função das paredes exteriores, em conjunto com as coberturas, consiste em estabelecer uma barreira entre os ambientes exterior e interior, de modo a que o ambiente interior possa ser ajustado e mantido dentro de determinadas condições. Uma parede exterior deve reunir uma série de requisitos devendo, antes de mais ser estável e a sua durabilidade deve ser assegurada durante um determinado período de tempo, enquanto que atua como uma barreira para o vento, a chuva, a radiação solar, o calor, o ruído, o fogo, entre outros (MATEUS, 2004).

Na concepção do edifício e da sua fachada o projetista deve tirar partido da sua orientação, sendo este dado muito importante para a concepção da própria fachada e definitiva para o tipo de ambiente interior que se pretende obter. Os locais virados a norte não beneficiam praticamente de sol, sendo que aqui a qualidade da luz natural é muito constante, podendo ser solução a adopção de vidros de isolamento térmico reforçado, permitindo não se sofrer de perdas térmicas no inverno. Os vidros orientados a sul beneficiam de uma exposição solar máxima no inverno, devendo este tipo de orientação ser procurada para aumentar os ganhos térmicos durante as estação fria, já no verão os vãos orientados a sul devem ter soluções de proteção, no caso dos vidros orientados a Este ou a Oeste estes recebem no verão a energia máxima, a Este da parte da manhã e a Oeste à tarde e quando o sol está baixo no horizonte é conveniente equipar os vãos com uma proteção solar adaptada, no sentido de reduzir os riscos de sobreaquecimento e de encadeamento (SAINT-GOBAIN, 2000).

Para além do cuidado nas opções sobre a orientação solar, o desenho ao nível das fachadas dos edifícios deve ser baseada nas seguintes considerações (WISEMAN, 1997, LUCAS, 1985):

- seleção de materiais com registo provado de durabilidade;
- colocação de barreiras à infiltração e humidade;
- estudo do fluxo da água na superfície da fachada, de forma a promover o correto escoamento;
- minimizar o risco de concentração local de humidade usando sistema de drenagem de forma a manter a água longe das superfícies da fachada;
- ter em conta a drenagem e ventilação para minimizar a acumulação de humidade;
- ter em conta o fluxo do ar do interior para o exterior;
- proporcionar juntas para permitir as alterações dimensionais e movimentações derivadas da humidade, temperatura ou movimentos estruturais;
- prever o fácil acesso para a inspeção, manutenção ou reparação dos elementos da fachada de um edifícios;
- ter em conta soluções que não favoreçam a fixação de poeiras ou micro-organismos.

A partir das anteriores considerações podemos concluir que, a fachada deverá satisfazer, ao longo da sua vida útil, um conjunto de exigências relativas à estanqueidade, como sejam (GOMES, 1992):

- estanqueidade à água, nomeadamente pelos elementos da envolvente, proveniente da água da chuva;
- estanqueidade aos gases, relativamente ao nível de permeabilidade ao ar pela envolvente exterior;
- estanqueidade às partículas sólidas, relativamente à estanqueidade a matérias provenientes do exterior como pó, areia ou fumo.

No seguimento das anteriores considerações para o desenvolvimento do desenho da fachada deve ser prevista a posição da instalação dos painéis de vidro na fachada do edifício, podendo estes ser classificados como verticais, inclinados ou horizontais. A posição de instalação do elementos em vidro vai determinar a forma como esta está exposta aos agentes de degradação e o tipo e o tipo de cargas a que está sujeita. No que diz respeito ao efeito das cargas, os elementos inclinados e horizontais representam particular perigo em zonas de tráfego, sendo que estes são tratados em conjunto como vidros em sobrecarga, devendo desta forma serem tomados requisitos especiais tendo em conta a sua capacidade de carga residual aplicada (WURM, 2007).

Por último, é de salientar a importância da estrutura e da forma como a fachada se relaciona com a estrutura do edifício, sendo fundamental para a integridade estrutural do conjunto. O sistema de ancoragem deve absorver as tolerâncias da construção do edifício e da fachada, sendo instalada de forma a ter folgas adequadas para absorver as variações dimensionais, resultantes das mudanças de temperatura e movimentação do edifício, transmitir a força do vento para a estrutura, suportar o peso próprio da fachada com os vidros e resistir às outras cargas a que está sujeita, tais como a pressão do vento, as forças sísmicas, a movimentação térmica, a movimentação do edifício e outras cargas eventuais (BENEVENTO, 2009).

4.2.2.1. TIPOLOGIAS

As fachadas em vidro podem apresentar-se de diferentes formas no que diz respeito ao seu tipo de estrutura e forma de fixação dos painéis de vidro. No contexto de cada tipologia também pode definir-se a categoria de vidro aplicado quanto à sua composição e acabamento.

Dentro do sistema de fachadas em vidro é possível distinguir cinco tipologias (SAINT-GOBAIN, 2000; TECHNAL, 2012; SAPA, 2012; NAVARRA, 2012; POIRAZIS, 2006, MOURA, 2005):

- **Fachada de Cortina** - este sistema é constituído através de fixações pontuais metálicas, permitindo realizar paredes em vidro sem caixilho, que são agarradas com uma estrutura

portante, através de um conjunto de grelhas fixas às lajes dos edifícios, geralmente em aço ou alumínio e dimensionada de forma optimizada procurando a maior leveza, capazes de resistirem à ação do vento e ao peso próprio da estrutura.

O vidro aplicado pode ser simples monolítico, ou por razões técnicas ou de segurança em vidro simples laminado ou temperado e por questões de isolamento por vidro duplo. No caso da aplicação de um vidro duplo, os pontos de fixação são dispostos sobre a face interior, de forma a melhorar a sua aparência e também a capacidade de isolamento térmico do conjunto ou o controlo solar, não apresentando o vidro exterior, neste caso, qualquer perfuração.

A estrutura portante deste sistema de fachada deve ser concebida de tal forma que todas as cargas presentes possam ser transmitidas de forma controlada e para que nenhuma tensão complementar não dominante se forme no vidro. As peças de interface são realizadas em alumínio moldado, integrando os sistemas de regulação e de continuação das dilatações.

Entre a estrutura de suporte são colocadas juntas de dilatação, que absorvem os deslocamentos entre as várias grelhas de suporte, provocados pelas variações térmicas e pelo próprio carregamento. A ligação dos montantes das grelhas à estrutura de betão armado do edifício será assegurada por peças em aço inox, alumínio ou aço tratado contra a corrosão e dimensionadas de forma a resistir aos esforços da fachada.

Às grelhas são acoplados quadros, fixos ou móveis, com a colocação do vidro, tendo em conta a sub-tipologia utilizada, onde cada quadro, formado por um único perfil de alumínio, é equipado por uma bordadura, sendo que o peso próprio do vidro será transmitido a esta bordadura do perfil do quadro por calços em silicone, cuja forma e tamanho são regulados no guia “Vitrage Extérieures Collés – Guide de Conception et Réalization” do “Instituit du Bâtiment et Travaux Publics”, de Abril de 1989. Deste modo, assegura-se que o cordão de mástique estrutural nunca trabalhará ao corte e por isso, não estará sujeito a fenómenos de fluência, devendo apenas ser solicitado por esforços de tração/compressão provocados pelo vento, sendo esta um tipo de carga não permanente.

A mesma bordadura de alumínio protegerá ainda o cordão de mástique de silicone, ao longo da vida útil do edifício, das agressões provocadas por agentes físicos, ataques químicos, provenientes da poluição atmosférica e micro-organismos, tendo em conta que este tipo de agressões degradam a resistência mecânica e a capacidade de aderência do mástique a longo prazo.

Os quadros móveis podem projetar-se para o exterior, por recurso a compassos especiais, não se distinguindo exteriormente dos fixos, onde apenas a presença de fechos os referenciam pelo lado interior. Para além deste factor, os quadros dispõem de um sistema de furos destinados a

arejar as câmaras, não permitindo a permanência de águas residuais e a pressurização dos espaços fechados, de acordo com as diretivas da UEATC (Union Européenne pour l'Agrément Technique dans la Construction). Sobre as fachadas do tipo de cortina todos os espaços fechados entre os vidros da fachada e as alvenarias, ou outro material, devem ser sempre ventilados, chamados de rasgos de ventilação que devem ser indicados em projeto.

O sistema de fachada em cortina pode ser subdividido em quatro soluções distintas, tendo em conta o tipo de aplicação do vidro e a sua estrutura de fixação inerente, conforme descrito em seguida:

- **Fachada de Cortina VEC –** este tipo de fachada de cortina com o vidro exterior colado (VEC), conforme figura 4.2, é caracterizada pela inexistência de qualquer elemento em alumínio visível na sua face exterior, mostrando um aspecto de mosaico composto por painéis de vidro justapostos, sendo possível a existência de painéis móveis, isto é, de janelas, sem que exteriormente se distingam dos painéis fixos. A colagem é o único meio de suporte mecânico dos vidros, por recurso a colas especiais, onde os componentes são colados com mástique de silicone que atua principalmente como elemento de transferência dos esforços dos componentes para os respectivos apoios. Não sendo um produto tradicional obriga a cuidados especiais desde a sua concepção até à sua colocação em obra.

  Os quadros, de suporte dos vidros à estrutura da fachada, são, neste tipo de fachada, equipados com pequenas peças metálicas nos cantos, que impedem a queda dos vidros em caso de colapso da colagem, provocada quer por deficiente colagem, quer em caso de incêndio, ou quando as garantias dadas à construção da fachada caducarem.

  A sua concepção, fabrico e colocação em obra está também definida no guia "Vitrage Extérieures Collés – Guide de Conception et Réalization" do "Instituit du Bâtiment et Travaux Publics", de Abril de 1989. Neste documento não só são definidas as características que deve obedecer o sistema de alumínio, mas também precisa as características do vidro e principalmente como se deve proceder à colagem e controlo da mesmo.

- **Fachada de Cortina VEB –** este tipo de fachada de cortina com o vidro exterior com bite (VEB), conforme figura 4.3, tal como no sistema VEC, é realizada mediante quadros de vidro emoldurado, mas neste tipo de solução, com perfil específico e enchimentos. A estanquicidade do sistema é efectuada através de perfis em EPDM (Borracha Etileno-Propileno-Dieno). É objectivo deste sistema, ao contrário do tipo VEC, a aparência de uma modulação marcada, através da instalação de uma vedação periférica em contorno de cada módulo de vidro.

O EPDM tem como principal função na sua aplicação a estanqueidade à água, ao calor e ao vapor, ao alcalis, aos ácidos e aos solventes leves oxigenados, como o ozono e a luz solar. Têm óptima resistência ao calor e a baixas temperaturas, ao envelhecimento, à luz solar, boa elasticidade e um grande poder isolante .

No que diz respeito à sua modulação esta pode ser plana ou em módulos inclinados (facetado), devendo o espaço de dilatação entre cada módulo de envidraçado ter uma dimensão de aproximadamente 11mm.

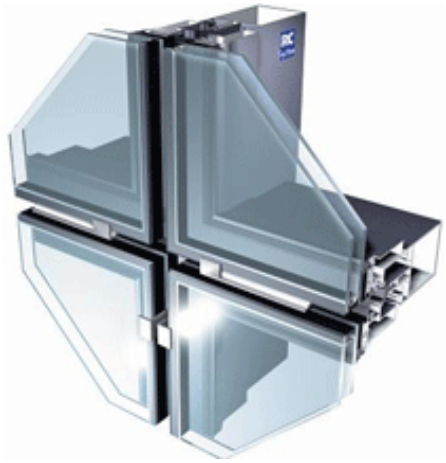

Figura 4.2 – Fachada de Cortina – solução VEC (Vidro Exterior Colado) (SAPA, 2012).

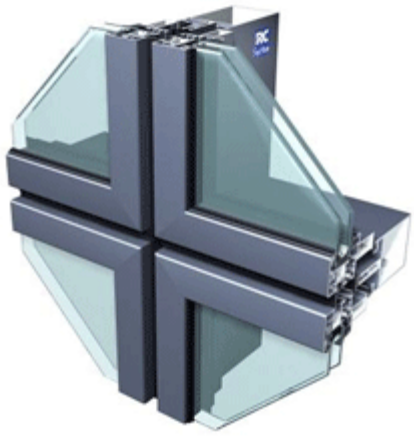

Figura 4.3 – Fachada de Cortina – solução VEP (Vidro Exterior Preso) (SAPA, 2012).

Os projetistas, construtores e fornecedores deverão analisar em particular, aquando a sua aplicação, os seguintes aspectos:

a) dimensões das juntas das estruturas;
b) aderência e durabilidade dos mastiques sobre os substratos vidro e metal;

c) compatibilidade das juntas da estrutura com os diferentes tipos de juntas, de mastiques e dos fundos de juntas;

d) compatibilidade entre as juntas da estrutura e as de estanquicidade, como a barreira de estanquicidade do vidro duplo;

e) rigidez da estrutura;

f) conjunto dos processos requeridos para a montagem;

g) controlos da qualidade da execução;

h) inspeção temporária, manutenção, limpeza e necessidade de reparação.

- **Fachada de Cortina VEA –** As fachadas com vidro exterior agrafado (VEA), conforme figura 4.4, caracterizam-se pela capacidade dos seus sistemas de fixação e colocação serem capazes de suportar o próprio peso do vidro e absorver os esforços de flexão, permitindo a livre dilatação do vidro, evitando tensões.

Este sistema de fixação pode ser realizado em aço-inox e pode dividir-se em duas peças fundamentais distintas, os grampos ou aranhas e as rótulas. Os grampos ou aranhas são elementos rígidos que envolvem as rótulas que fixam o vidro à estrutura de suporte, existindo aranhas de vários tipos, podendo ter vários números de braços, conforme o número de vidros aos quais vai ser agrafada. Já as rótulas são peças concebidas para absorver as diferenças de dilatação e as deformações devidas às forças do vento, entre outras.

Os componentes em vidro são colocados com a ajuda de mástiques que funcionam essencialmente como elemento de transferência de tensões desses componentes relativamente ao seu suporte, funcionando também como forma de selagem das juntas.

Os projetistas, construtores e fornecedores deverão, nomeadamente, examinar aquando a sua aplicação os seguintes pontos essenciais:

a) dimensionamento das juntas da estrutura, dos mástiques e dos calços;

b) aderência e durabilidade dos mastiques sobre os panos de vidro e elementos metálicos;

c) conjunto dos processos de montagem;

d) controlos de qualidade de execução;

e) inspeção temporária, manutenção, limpeza e necessidade de reparação.

- **Fachadas duplas** – as fachadas duplas, conforme figura 4.5, baseiam-se num princípio de multicamadas, consistindo numa fachada externa, um espaço intermédio e uma fachada interior, sendo que a separação entre os dois ambientes, interior e exterior, é feita pelo menos por dois panos, na maioria dos casos totalmente transparentes à luz, formando entre eles uma cavidade de ar que pode ser ventilada por via natural, mecânica ou híbrida e ser utilizada para colocar dispositivos de sombreamento. A camada de fachada exterior fornece proteção contra

as intempéries e melhora o isolamento acústico perante os ruídos exteriores, sendo esta camada exterior também a que dispõe de aberturas que permitem a ventilação do espaço intermédio e dos espaços interiores do edifício. O fluxo de ar que passa através do espaço intermédio entre as duas camada da fachada é ativado pela pressão térmica, induzida pela atividade solar, e pelos efeitos do vento, ou então de forma mecânica. Para adquirir a máxima adaptabilidade em relação às condições do meio ambiente deve ser possível encerrar as aberturas, descritas anteriormente, na camada exterior da fachada.

Figura 4.4 – Fachada de Cortina – solução VEA (Vidro Exterior Agrafado) (NAVARRA, 2012).

Figura 4.5 – Fachada Dupla (AECWEB, 2012).

- **Fachadas de vidro duplo de fixações integradas –** neste tipo de fachada, conforme figura 4.6, o vidro duplo é concebido para ser associado a suportes específicos em alumínio. Este conjunto oferece uma imagem de fachada lisa, muito semelhante à fachada de vidro exterior colado (VEC). Os vidros são montados por intermédio de fixações mecânicas integradas em barreiras de selagem dos vidros duplos. O peso próprio do vidro exterior é suportado por um dispositivo de fixação de dimensão reduzida.

- **Fachada ventilada com revestimento em vidro –** esta solução, conforme figura 4.7, assemelha-se no que diz respeito ao seu aspecto visual, a uma fachada de cortina, sendo que a diferença reside no seu sistema construtivo, apresentando-se o suporte totalmente oculto quando observado pelo exterior.

  Este tipo de sistema permite a existência de vãos com a mesma leitura visual pelo exterior, e de aberturas pelo interior de acesso à câmara-de-ar para a sua manutenção e limpeza. A câmara-de-ar permite a circulação de ar no sentido ascendente da fachada, reduzindo deste modo as trocas térmicas entre o interior e o exterior.

  Cada edifício requer um estudo específico para a sua instalação em obra, devendo integrar uma estrutura com uma perfeita resistência à flexão perante as ações do vento e as peças de fixação devem ser executadas em aço galvanizado a quente com ranhuras para absorver possíveis dilatações ou contrações do conjunto. Para além destes elementos devem ser considerados os calços elásticos, separando os elementos em alumínio das peças de aço para evitar possíveis corrosões, evitando também os movimentos por vibração.

Figura 4.6 – Fachadas de vidro duplo de fixações integradas, edifício Impala.

Figura 4.7 – Fachada ventilada com revestimento em vidro, edifício Casino de Lisboa.

4.2.2.2. ESPECIFICIDADES E EXIGÊNCIAS PARA A APLICAÇÃO DO VIDRO

Tanto nas construções do passado como nas de hoje, o vidro é utilizado na construção, principalmente pela sua transparência, sinónimo de luz, de comunicação e símbolo de modernidade arquitectónica. Trata-se da aplicação de um material tecnologicamente avançado, funcional e refinado, podendo, desta forma, o projetista tirar partido das suas qualidades de transparência, de forma plena ou discreta (SAINT GOBAIN, 2000; WURM, 2007).

Graças à investigação e aos esforços de melhoramento, que beneficiou nestas últimas décadas, o vidro contribui hoje, de forma acentuada, para a melhoria do conforto do lar. A diversidade dos tipos de vidro, das suas funções e a sua vertente em crescimento de aplicações proporcionam hoje, ao projetista, uma grande liberdade para pôr em prática uma verdadeira arquitetura da luz, que satisfaz plenamente as exigências do conforto moderno (SAINT GOBAIN, 2000).

O vidro obtém-se pela composição de vários produtos químicos que transformados em líquido pelo aquecimento se modificam numa massa transparente e lisa, muito dura, mas também muito frágil (COSTA, 1999). A grande exatidão dimensional e a precisão geometrica faz do vidro do tipo "float" o único considerado apropriado para a utilização na construção de edifícios. Este tipo de vidro é fabricado através da técnica que lhe dá o nome, o processo "float", que consiste em fazer flutuar, à saída do forno, a chapa de vidro em fusão, sobre um banho de estanho líquido até que esta esteja perfeitamente plana e sem defeito, sendo que, fabricado o vidro não existe necessidade de polimento. Em seguida este é transformado para a aplicação no sector da construção (SAINT GOBAIN, 2012).

Este tipo de vidro silíco-sodo-cálcicos é composto por 4 matérias primas principais. Podemos definir que entre 70 e 72 % da sua composição é sílica, sob a forma de areia que atua como vitrificante, combinado com cerca de 14 % de óxido de sódio, sob a forma de carbonato e sulfato que trabalha como fundente, atuando como uma forma de diminuir a temperatura de transformação para aproximadamente 550 ^{o}C e simplificar o processo de manufacturação. Também é acrescentado cerca de 10% de óxido de cálcio, sob a forma de calcário funcionando como estabilizador, de forma a aumentar a sua resistência química, e por fim o casco, sendo este constituído por vidro partido. Outros aditivos, em percentagem inferior a 1%, podem ser adicionados, como o alumínio e o magnésio, de forma a influenciar as propriedades ópticas e físicas do vidro, especificamente a resistência à ação dos agentes atmosféricos (WURM, 2007; SAINT GOBAIN, 2012; SAINT GOBAIN, 2000).

Quando o vidro passa do estado líquido para o estado sólido ele forma uma simetria regular ou estrutura de cristal periódica. O vidro tem desta forma uma estrutura isotrópica e as suas propriedades não dependem de uma direção ou orientação (WURM, 2007). É possível verificar, no que diz respeito às características mecânicas do vidro, que se trata de um material com a densidade de 2.5, o que

corresponde a uma massa de 2.5 Kg por cada m^2 e por cada mm de espessura, para os vidros planos, e uma resistência à compressão bastante elevada, sendo esta de 1000 MPa, sendo que este valor significa que para quebrar um cubo de vidro de 1cm de lado, a carga necessária será na ordem das 10 toneladas. (SAINT GOBAIN, 2000).

Trata-se de um material perfeitamente elástico, pois nunca apresenta deformação permanente, no entanto é frágil, ou seja submetido a uma flexão crescente parte, apresentando um anúncio prévio da sua rotura através de uma deformação permanente e uma vez iniciada a fractura, em qualquer dos pontos da superfície, ela rapidamente prosseguirá até ao rompimento total (BRAZ, 2012).

Quanto ao comportamento térmico do vidro é de considerar que o seu coeficiente de dilatação linear é de $9x10^{-6}$ ($1/^oC$), tendo uma relação aproximada de um. Como termo de comparação é possível distinguir a madeira com um coeficiente de dilatação linear de $4x10^{-6}$ ($1/^oC$), aproximadamente 0.5, o tijolo e a pedra com $5x10^{-6}$ ($1/^oC$), o aço com valores de $12x10^{-6}$ ($1/^oC$), com relação aproximada de 1.4, e o alumínio com $23x10^{-6}$ ($1/^oC$), ou seja uma relação aproximada de 2.5. Desta forma, a sua fraca condutibilidade térmica, através do reaquecimento ou o arrefecimento parcial da chapa conduzem a tensões que podem provocar quebras designadas de térmicas (SAINT GOBAIN, 2000).

Tendo em conta as suas características mecânicas, a sua produção pode ser seguida por dois ou mais estágios de processamento que optimizam o material para funções técnicas específicas para a construção, como o controle solar, necessidades estruturais e de segurança, ou aspectos puramente estéticos (WURM, 2007).

No que diz respeito à sua posterior transformação é possível considerar (SAINT GOBAIN, 2012):

- tempera: sendo um processo que consiste no aquecimento do vidro, em torno dos 600^o, e ao seu arrefecimento rápido para aumentar a resistência ao nível das cargas mecânicas e térmicas. Este tipo de vidro é utilizado para a construção e fractura-se em múltiplos pequenos pedaços não cortantes;
- serigrafia ou esmaltagem: são duas fases com objectivo puramente estético que intervêm no processo do vidro temperado, consistindo na cobertura de uma das faces da placa com uma ou mais capas de esmaltes vitrificados, opacos ou translúcidos;
- laminagem: este processo consiste em colar entre duas chapas de vidro um intercalar de PVB (butiral de polivinil), fazendo com que após um impacto se mantenha os pedaços do vidro no lugar. A escolha dos componentes entre camadas trás oportunidades para a alteração das propriedades mecânicas e visuais do vidro;
- vidro duplo: utilizado para o isolamento térmico, acústico e controlo solar, o vidro duplo apresenta uma resistência e uma proteção superior em relação ao vidro clássico. A sua montagem efetua-se manualmente sendo colocada uma barreira metálica, ou um material equivalente, contendo entre os dois vidros desidratantes que absorvem a humidade do ar, após

este processo uma segunda barreira é injetada para um revestimento automático à volta do vidro duplo.

- outros: é possível ainda considerar outros processos como a espelhagem, a transformação para vidro curvo, a termoformagem, o vidro foscado a ácido e a lacagem.

Para a aplicação do vidro na construção este deve ser concebido para responder a todas as especificações de projeto tendo em conta a sua estrutura, os principais aspectos físicos do edifício e a aparência que se pretende do conjunto. Hoje a produção é bastante normalizada, mas o produto final é frequentemente personalizado com qualidades de acabamento específicas através dos processos já mencionados.

Sendo um material de grande durabilidade, raramente é afectado pelos agentes de deterioração, ou degradação, presentes aquando a sua aplicação na construção. As anomalias nestes elementos aparecem principalmente por tensões térmicas que podem causar roturas, estas que principalmente aparecem pelo vidro dispor um coeficiente de expansão térmica diferente dos materiais de apoio e das suas molduras (RANSOM, 1990) que fazem parte do sistema de fachada. As capacidades de resposta do vidro aos esforços de tensão e de corte refletem a qualidade da superfície, não sendo esta constante, e diretamente relacionadas com o tamanho e idade do painel, pois quanto maior e mais velho for o painel maior a probabilidade de se encontrar um defeito (WURM, 2007).

Desta forma já na concepção, o projetista deve prevenir o contacto direto entre planos de vidro ou entre vidro e as soluções de apoio e estrutura, de forma a evitar concentrações de esforço, sendo que as diferentes formas como os vários materiais expandem e contraem devem ser tidas em conta em todas as conexões e na composição da sua construção, devendo ser previstas as folgas necessárias para o funcionamento do sistema da fachada em vidro, considerando assim as dilatações dos caixilhos e dos vidros e ter em conta as deformações toleráveis ao nível da estrutura do edifício. Na ligação entre os elementos de vidro e de apoio e estrutura, para além das folgas, devem ser criteriosamente colocados calços, tanto nas folhas fixas como nas móveis, assegurando um correto posicionamento do vidro, transmitindo à estrutura criteriosamente o peso da chapa e os esforços que podem suceder, em especial pela ação do vento, e evitar eventuais deformações pela ação do peso próprio do vidro na estrutura de apoio da chapa. Já na proximidade entre dois panos de vidro deve ser evitado o contacto entre as arestas dos painéis e esta folga deve ser calafetada através de mástiques à base de silicones (BRAZ, 2012).

É importante considerar que a fragilidade, a alta resistência à compressão e o comportamento da deformação elástica do material são os princípios mais importantes no desenho de estruturas onde é aplicado vidro (WURM, 2007).

Em conclusão, os vidros quando aplicados numa fachada devem obedecer a parâmetros que os tornam capazes de ser resistentes aos agentes atmosféricos, isentos de defeitos, através de superfícies

transparentes ou translúcidas e com resistência adequada ao fim a que se destinam (COSTA, 1999). Para além destes factores, a sua concepção, ao nível do projeto e construção, deve ser feita de forma a responder aos movimentos diferenciais possíveis de acontecer na superfície, através de um desenho e de uma pormenorização adequada (RANSOM, 1990).

No que diz respeito à legislação atual esta não torna obrigatória a utilização de vidros temperados numa fachada em vidro, sendo que a sua prescrição passa pela análise das possíveis consequências da queda dos vidros. Desta forma, um edifício de grande altura com grandes planos envidraçados sobre zonas públicas, onde a probabilidade de um pedaço de vidro atingir alguém não é desprezável, deve ser aplicado este tipo de vidro. Por outro lado, em edifícios mais baixos ou com zonas não circuláveis sob os envidraçados onde a queda de um pedaço de vidro não tem qualquer consequência não é necessária a sua aplicação.

Para casos específicos como a utilização de vidros em frente a paredes cegas, estes devem ser sempre temperados, por forma a impedir a sua quebra por diferencial térmico. De qualquer forma, os espaços por detrás dos planos de vidro têm que ser sempre ventilados (TECHNAL, 2012).

A utilização de diferentes tipos de vidros e seu acabamento deve ser considerado em projeto sendo que o uso de vidros laminados deve ter em conta a garantia do fornecedor de mástique, quanto à compatibilidade química com a película do vidro e no caso de vidros coloridos deve ser também verificada a sua resistência ao choque térmico.

Desta forma aquando a escolha do vidro a aplicar num sistema de fachada deve ter-se sempre em conta (SAINT-GOBAIN, 2012):

- os efeitos do vento;
- a ação da temperatura;
- o efeito do vento agindo em ciclo de pressão e depressão sobre a barreira de estanqueidade, no caso de utilização de vidro duplo;
- a ação do próprio peso do vidro e sobre as juntas da estrutura e de estanqueidade;
- os efeitos dos movimentos da estrutura sobre a junta de estanqueidade;
- os efeitos de eventuais choques.

É importante na concepção da fachada em vidro considerar o tipo de chapa em vidro a aplicar, a sua tipologia e acabamento, por forma a se adaptar o mais corretamente às suas condições de exposição, solicitações a que está imposta e tipo de sistema de fachada que se trata.

4.2.3. ACESSIBILIDADE PARA A MANUTENÇÃO

A acessibilidade das fachadas para a manutenção está inteiramente dependente da complexidade e da forma do edifício, como dos sistemas planeados de acordo com o mesmo. Acerca da forma dos edifícios, é usual o projetista ter em conta os aspectos espaciais e estéticos, podendo estas opções ser causa de problemas imprevisíveis na manutenção das fachadas, sendo que a própria forma pode prejudicar os sistema de acesso e facilmente atingir todos os segmentos da fachada. Para além deste factor, é exemplo algumas opções tomadas em projeto ao nível do desenho das fachadas que podem quebrar a regularidade da mesma e por isso impedir o escoamento das águas levando a infiltrações e ao aparecimento de manchas (NUS, 2012).

Todos os edifícios, com mais de um piso, requerem sistemas de acesso para a manutenção do edifício, para uma regular inspeção, limpeza e possível necessidade de reparações. Um edifício deve ter sempre um sistema de manutenção próprio, desenhado para o acesso a todas as zonas da fachada, sendo comum existir por vezes mais que um sistema de manutenção para alcançar todos os pontos da fachada de um só edifício.

Para a manutenção e limpeza de fachadas existem alguns equipamentos indicados, devendo estes ser adaptados à natureza dos trabalhos. Desta forma podem ser considerados conforme figura 4.8 (BARBOSA, 2009):

- bailéu suspenso móvel (1);
- bailéu com carril na cobertura (3);
- bailéu fixo (5);
- bailéu com contrapeso (7);
- robô com sistema mono carril (2);
- rapel ou alpinista (4);
- escadas móveis (6);
- pontos de fixação de “linha de vida” (pessoas) (8);
- andaimes (9);
- carro com plataforma de acesso (elevatória) ao braço (10).

Em quase todos os casos, o acesso à fachada para a sua manutenção requer que a pessoa que faz este trabalho esteja exposta a riscos relativos, tratando-se de um trabalho em altura. Desta forma, é necessário ter em conta a utilização de equipamentos de segurança destinados a cada tipo de equipamento colectivo de manutenção, ligados a um ponto de ancoragem, para permitir a segurança dos trabalhos a serem executados

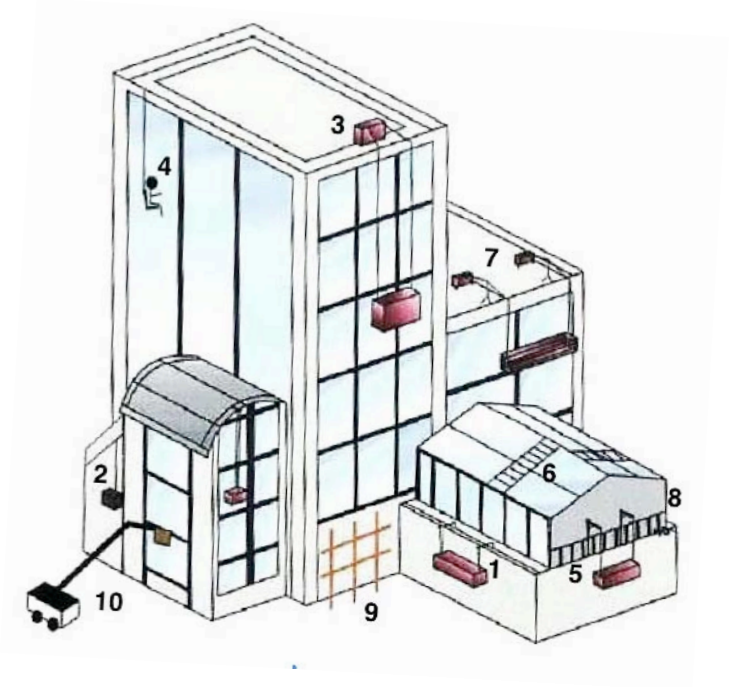

Figura 4.8 – Equipamentos colectivos permanentes e temporários para fachadas, adaptado de FLORES-COLEN, 2009) que sita CHEW e PING (2003).

Estas soluções devem ser desde logo integradas no projeto de arquitetura, para que seja ao máximo o acesso às fachadas apropriado. Quanto mais tarde a integração deste tipo de sistemas durante a execução do projeto de arquitetura mais difícil se consegue a sua adaptação ao espaço, à tipologia e ao efeito estético e funcional pretendido.

4.3. AGENTES DE DEGRADAÇÃO

O envelope dos edifícios necessita primeiramente de ser um elemento durável, esteticamente satisfatório, resistente aos agentes atmosféricos e seguro. Deve ser posta em questão a forma como a fachada responde à radiação solar (calor e luz), como a sua ventilação é feita, a forma como as perdas de calor são controladas e como é que a questão do ruído é considerada. As fachadas vão desta forma determinar como é que o ambiente interior de um edifício é afectado pelos agentes exteriores (THÓMAS, 2005).

No que diz respeito à durabilidade esta não é uma propriedade apenas inerente ao material de construção, sendo que estes têm diferentes durabilidades efetivas não só devido às suas propriedades químicas e físicas, mas em função para o qual está a ser utilizado e a sua posição ao nível do edifício. Nesta perspectiva compreende-se que cada material ou combinação de materiais tendem a responder pela influência de vários motivos que podem vir a ser enumerados (RANSOM, 1990). As condições de serviço predominantes que devem ser consideradas incluem os agentes do meio ambiente e as

condições específicas que podem afectar a durabilidade do sistema ou o componente de uma fachada em vidro (ABCB, 2012) .

Segundo a ISO 15686-1, 2011 os agentes de degradação que afectam a vida útil dos elementos podem ser caracterizados por:

- agentes mecânicos – gravidade, forças e deformações impostas, energia cinética, vibrações;
- agentes electromagnéticos – radiação, eletricidade e magnetismo,
- agentes térmicos – alterações rápidas de temperatura;
- agentes químicos – solventes e água, agentes oxidantes e redutores, ácidos e sais;
- agentes biológicos – microrganismos, vegetação e seres vivos.

Podemos ainda identificar os agentes relacionados com o ambiente envolvente da construção que afectam a durabilidade e a vida útil dos materiais de construção (WISEMAN, 1997; ABCB, 2012):

- água / humidade – atua nos materiais de construção através da condensação e a partir da chuva, contribuindo para a deterioração dos materiais;
- radiação solar – a radiação através do sol sobre os materiais afecta a durabilidade dos materiais;
- temperatura – os materiais de construção alteram de volume pela variação de temperatura;
- vento;
- contaminadores no ar – são exemplo os dióxidos de sulfúrico, os cloretos, os sulfatos, entre outros, tendo em conta também a exposição ao ambiente marítimo e a poluição;
- tipo de terreno;

Outro factor de grande relevância, que também atua como agente de degradação, são as incompatibilidades químicas entre os materiais aplicados, e com proximidade relativa, sendo que quanto materiais diferentes são colocados em contacto um com o outro podem acontecer reações químicas destrutivas da estrutura e composição dos materiais aplicados.

Todos estes agentes devem ser quantificados em termo da sua intensidade, nível de concentração e frequência de exposição ou ciclos. Para além disso, também deve ser tido em conta os efeitos dos agentes quando atuando combinadamente (ABCB, 2012) .

4.3.1. FACTORES QUE AFECTAM A DURABILIDADE

As fachadas dos edifícios são o elemento mais exposto aos possíveis agentes de degradação, e devem ser por isso capazes de resistir a um conjunto de factores que podem afectar a durabilidade da mesma. Para que se possam evitar este tipo de ocorrências durante a vida útil do edifício e necessário identificar

as possíveis anomalias que podem ocorrer nos elementos que constituem as fachadas em vidro. Desta forma, os problemas e factores que podem afectam a durabilidade das fachadas em vidro são (WISEMAN, 1997; WURM, 2007; SAINT-GOBAIN, 2000; BRAZ, 2012):

- **corrosão ou deterioração do metal** – a corrosão dos componentes metálicos das fachadas em vidro podem ser resultantes da rotura da barreira de ar, pelo derramamento de água na superfície ou pela perda da integridade estrutural, mas os componentes metálicos são mais susceptíveis de ter problemas relacionados com corrosão. A extensão da proteção à corrosão necessária vai depender da sua exposição à humidade. As áreas diretamente expostas ao ambiente exterior estão frequentemente mais húmidas e potencialmente mais expostas à corrosão**;**

- **selagem das juntas** – os materiais usados para a selagem das juntas, nos sistemas de fachadas em vidro, podem falhar como o resultado de um desenho incorreto, por movimentos que excedem as capacidades pretendidas da selagem ou pela degradação do material selante. Desta forma, o produto selante deve ser quimicamente compatível com o substrato assegurando uma boa adesão. Deve existir uma área suficiente de contacto com o substrato ou um "bite" de forma a criar uma ligação suficientemente forte. Para além destes factores, o produto deve ser bastante flexível para expandir ou contrair com os movimentos que ocorrem ao longo da junta;

- **condensação interior** – as condensações interiores acontecem quando o ar húmido interior entra em contacto com as superfícies frias da fachada em vidro em altura de tempo frio, onde a água que surge por efeito da condensação pode danificar os acabamentos interiores.
  A excessiva condensação pode ser causa:
  - excessiva humidade interior – o sistema da fachada em vidro deve protagonizar um sistema mecânico que incorpore uma ventilação especial ou controlo de humidade;
  - roturas térmicas – o desenho da fachada deve incorporar roturas térmica para evitar uma condução direta do calor do interior para o exterior. Se estas roturas forem insuficientes e conduzirem demasiado calor ou frio a condensação será promovida;
  - fraca ventilação mecânica – a queda da temperatura na superfície interior da fachada de vidro pode ser reduzida pela correta colocação de um sistema de aquecimento e ventilação;
  - defeitos nas barreiras de ar – as formas de condensação dentro dos conjuntos de fachadas em vidro com a inclusão de uma humidade quente no ar interior trará defeitos na barreira de ar. A capacidade do sistema tolerar esta humidade vai depender da quantidade de ar que escapa e a capacidade da humidade sair do sistema sem causar estragos. Desta forma os defeitos que permitem a condensação acumular no interior do sistema, onde a drenagem não foi protagonizada, pode levar à sua deterioração.

- fluxo de ar interior – as barreiras de ar que estão localizadas na face exterior da fachada de vidro conduzem ao risco na circulação do ar no interior do sistema e pôr em contacto com o frio excessivo das superfícies exteriores onde a condensação pode ocorrer.

- **falha das unidades de isolamento** – as unidades de isolamento são consideradas como tendo falhado quando a humidade se acumula no interior da cavidade da unidade selante. Uma exposição excessiva a uma determinada quantidade de água promove a entrada de vapor entre o selante, aumentando a taxa de consumo do seu dessecante (substâncias químicas capazes de absorver água). É exemplo que uma drenagem inadequada junto da unidade pode causar a sua submersão;

- **rotura do vidro -** as quebras de vidro não relacionadas com vandalismo ou acidente podem ocorrer como resultado do processo de fabricação, ou se o detalhe das fachadas for inadequado.

Desta forma, pode ser causa da quebra de vidros:

- inclusões incorporadas no vidro durante a sua fabricação que expandem e causam a rotura, sendo que o vidro não tem uma estrutura completamente compacta podendo uma microestrutura com bastantes irregularidades e defeitos microscópicos. É exemplo o caso dos vidros temperados onde este tipo de rotura espontânea está relacionado com o aumento gradual do volume de sulfureto niquelar (NiS), que aparece em forma de inclusões na microestrutura do vidro;
- quando o vidro é demasiado fino para resistir às cargas exercidas pelo vento, podendo estar este sobre esforços e partir;
- pela falta de folga de dilatação entre a chapa de vidro e o restante sistema da fachada em vidro, podendo conduzir o vidro a receber cargas quando o sistema entra em movimento, sendo propícia a ocorrência de rotura;
- cobertura excessiva da extremidade do vidro pelo caixilho;
- aplicação, sobre o vidro, de películas que absorvam calor após a instalação original;
- por choques térmicos que podem causar a rotura do vidro onde este absorve o calor rapidamente, conduzindo a um acumular do esforços no vidro. Este tipo de tensões de origem térmica poderão ter as seguintes origens:

  a) constrangimentos exteriores – pela ação de agentes externos impedindo a livre dilatação do painel, ficando desta forma solicitado a tensões de compressão. Para elevadas compressões produzir-se-á uma instabilidade elástica (fenómeno de encurvatura), criando-se então, numa das suas faces, tensões de tração que poderão causar a sua rotura. Este tipo de efeito provém de uma incorreta montagem do vidro, já que já mais existirá se forem respeitadas as folgas adequadas à livre dilatação do painel;

  b) choque térmico – a rotura por choque térmico verifica-se sempre que, no aquecimento de um vidro, se estabelecem gradientes térmicos importantes, isto é quando

ocorre entre dois pontos do seu volume uma acentuada diferença de temperaturas, não sendo o aquecimento do vidro uniforme também não o será a sua dilatação térmica, pelo que as zonas de maior dilatação irão traccionar as menos aquecidas. Este tipo de gradientes térmicos podem ter origem natural ou artificial, onde no caso dos agentes artificiais a sua causa dever-se-á por exemplo a aquecedores ou ar-condicionados colocados próximos do vidro e quanto às causas naturais do estabelecimento de gradientes térmicos, elas dever-se-ão à não uniformidade de incidência ou de absorção das radiações solares no envidraçado, como é exemplo:

1) sombras projetadas – por elementos que, de algum modo, poderão subtrair uma porção da superfície envidraçadas às radiações solares ou pela existência de persianas exteriores que poderão ocultar o vidro apenas parcialmente;
2) cortinas interiores – a existência de paredes opacas, situadas atrás do envidraçado, assim como a colocação de estores ou outro tipo de elementos em posições bastantes próximas do plano de vidro, poderão também aquecê-lo, quer por condução, quer por radiação. De forma semelhante a existência de motivos decorativos aplicados nas faces do vidro poderão também ser causa de gradientes térmicos. É exemplo em edifícios de escritórios a colocação de dossiers, livros ou pastas junto ao painel de vidro.

   Para que este tipo de rotura seja evitado é necessário que este tipo de elementos sejam colocados afastadas do vidro, de forma a permitir uma corrente de ar livre no espaço criado;
3) pelo contacto direto do caixilho com a estrutura do edifício em betão ou outros materiais que possam contribuir para o arrefecimento da extremidade do vidro;

- **danos macroscópicos** - riscos e entalhes, causados por abrasão, vento ou outro efeito mecânico, acumulados nos limites ou na superfície do vidro durante a sua utilização;

- **microfissuras** - por deflexões resultado da transferência de cargas, onde pode tender ao aparecimento de esforços por concentração na zona da rotura e ajudar à sua propagação;

- **drenagem -** o caminho da drenagem requer a remoção da água do sistema que pode ficar ao longo do tempo se a abertura para o efeito for demasiado pequena. A poeira presente na atmosfera, as partículas da oxidação e a deterioração das selagens podem promover uma fonte de material para o bloqueamento dos furos para a drenagem;

- **fixação estrutural** – a fixação estrutural dos sistemas das fachadas de vidro pode tornar-se deficiente durante o tempo como o resultado dos efeitos da corrosão. Se as conexões forem demasiado fracas ou fatigadas pode resultar na sua rotura;

- **movimento do sistema da fachada** - devem ser previstas reservas para permitir os movimentos resultantes da expansão e retração do sistema da fachada em vidro, assim como os movimentos da própria estrutura do edifício.

  A utilização de inadequadas juntas para receber estes movimentos pode resultar em esforços sobre o edifício, causando roturas ou problemas de fadiga. As barreiras de ar através destas juntas devem também ser consideradas. Se as movimentações excederem a capacidade dos selantes, utilizados para manter a integridade ao longo das juntas, pode ocorrer a sua rotura;

- **escorrências** - a sua alta transparência e boas características ao nível de resistência química à maioria dos agentes corrosivos como ácidos e sais fazem com o que o vidro seja um excelente material de aplicação nas fachadas dos edifícios. Existem alguns agentes como a sílica dissolvida em ácido fluorídrico que pode atacar a superfície do vidro, por soluções alcalinas aquosas, estas que podem aparecer, por exemplo, como lixívias a partir de zonas de betão ou pedra calcária de componentes do edifício adjacentes, ou pela permanência constante de água através de condensações na superfície do vidro, podendo este tipo de presenças levar com que a superfície do vidro fique opaca a longo prazo.

4.3.1.1. DETERIORAÇÃO PELA PRESENÇA DE ÁGUA

Entre os agentes considerados, dentro das anomalias possíveis de suceder numa fachada em vidro, a água é o mais significativo factor de deterioração, podendo danificar diretamente materiais, reduzir a eficiência de isolamentos e ainda causar corrosão aos elementos de suporte e estrutura.

A solução inicial passa por limitar ou eliminar todas as possíveis aberturas através de uma eficaz selagem, mas deve ser tido em conta que os selantes estão sujeitos à deterioração com o tempo e à exposição, tal como os outros materiais. Desta forma, para além disso, devem ser controladas as forças que permitem a entrada de água, sendo que essas forças podem ser provocadas pela gravidade, pela energia cinética, pela ação capilar, pela tensão superficial e pela diferença de pressão. Em situações de chuva com ventos a fachada pode sofrer da ação de todas essas forças ao mesmo tempo (SANTOS, 2005). Desta forma, estas podem induzir em problemas que devem ser considerados e resolvidos na fase de projeto através de um correto desenho e pormenorização:

- gravidade – surge, como problema, quando existe uma falha no desenho das juntas como sistemas de drenagem e caminhos para a água, criando obstáculos e impedindo a sua saída. Se o caminho para a água percorrer for bem projetado a atuação da força da gravidade estará resolvido, conforme Figura 4.9. É necessário, desta forma, que os drenos sejam bem posicionados e dimensionados para o volume de água considerado, que resistam à ação de outros elementos, como é o caso de sujidades que são conduzidas com a água podendo afectar

a eficiência dos drenos, e que estejam colocados de forma a que guiem a água para o exterior do sistema;

- energia cinética - refere-se ao deslocamento horizontal da água da chuva impulsionada pelo vento, facilitando a penetração pelas aberturas existentes no sistema. A criação de barreiras é a única maneira de evitá-la, conforme Figura 4.10;

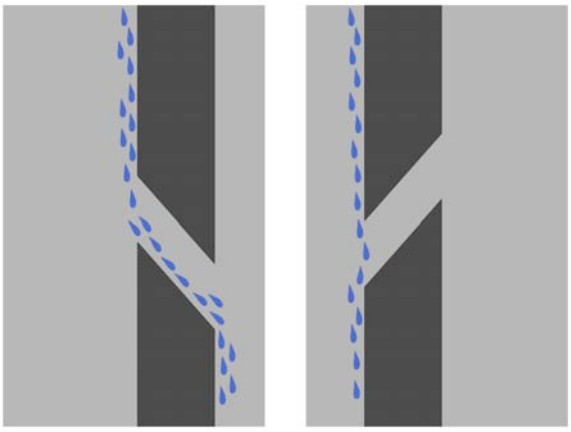

Figura 4.9 – Ação da gravidade, baseado em SANTOS (2005).

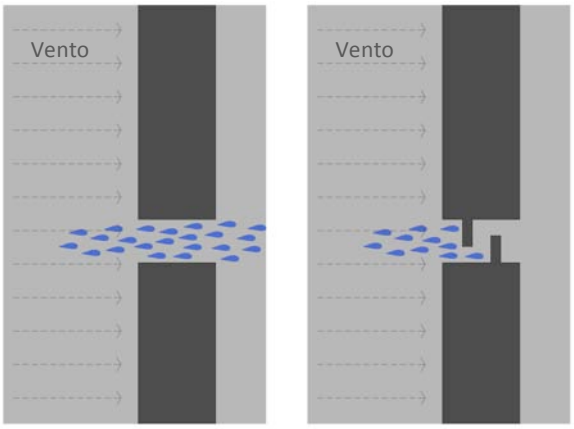

Figura 4.10 – Ação da energia cinética, baseado em SANTOS (2005).

- tensão superficial - é a força capaz de manter a água unida e coesa, pois no interior do líquido as moléculas de água compartilham entre si uma força de coesão entrando em equilíbrio. Contudo, na superfície não existem moléculas para compartilhar e esta força que "sobra" é dividida ao longo da superfície criando assim a tensão superficial. Na natureza, a água é o líquido com maior valor de tensão superficial (0,075N/m).

  A tensão superficial ajuda a formar as gotas, e ainda faz com que a água se movimente por superfícies horizontais, podendo ser evitada com a criação de uma forma de interrupção no seu caminho natural, como é exemplo uma pingadeira, conforme Figura 4.11;
- ação capilar – é resultante da adesão e da tensão superficial, e apresenta-se como a forma que a água encontra para entrar por fendas, quando duas superfícies estão paralelas e espaçadas

entre si, de tal forma que esta folga seja igual ou menor que uma gota a ação capilar poderá existir. Por si só esta ação tende a manter a água entre as superfícies, mas a atuação de outros factores externos como o vento, a energia cinética e a gravidade podem levar que a água vá para o interior do sistema.

Algumas combinações de materiais tendem a sofrer mais este tipo de ação, como é o caso do alumínio e do vidro, sendo materiais de maior propensão a criar capilaridade, devendo a dimensão da junta ser criteriosamente estudada, conforme Figura 4.12.

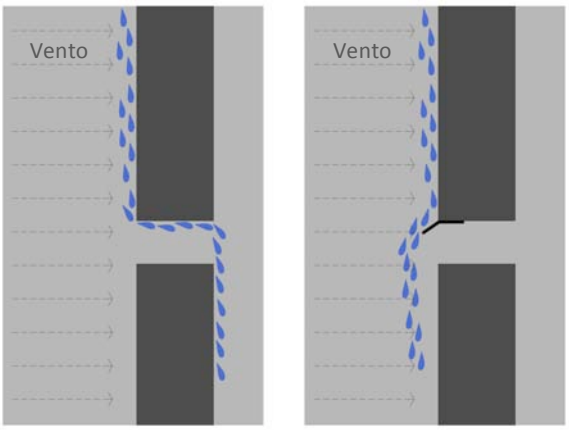

Figura 4.11 – Tensão superficial da água, baseado em SANTOS (2005).

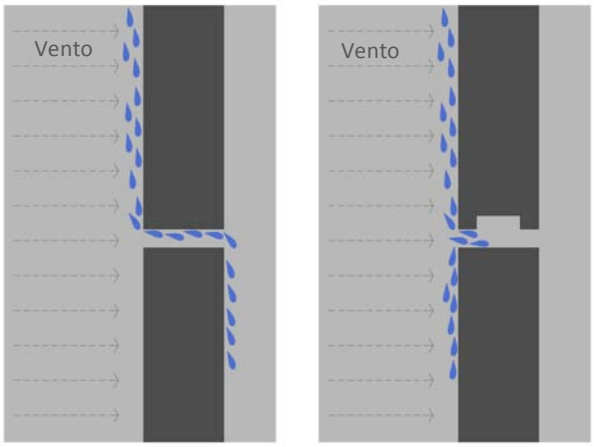

Figura 4.12 – Ação capilar, baseado em SANTOS (2005).

4.3.1.2. FALHA DO SISTEMA PELA ROTURA TÉRMICA DO VIDRO

A quebra térmica é outro tipo de falha que acontece com bastante periodicidade nas fachadas em vidro e pode acontecer por diversas causas. Desta forma, na especificação do vidro, é importante considerar a forma como este se vai apresentar perante o meio ambiente e aquilo que rodeia a sua posição relativamente à fachada.

É exemplo, deste tipo de preocupação, se o vidro ficará sob sombra quando aplicado na fachada, pois quando o vidro é parcialmente sombreado por colunas ou extensões da construção, as suas extremidades ficarão mais frias, sendo que este tipo de acontecimento pode causar o efeito de stress sobre a superfície que leva à intitulada quebra térmica (GUARDIAN SUNGUARD, 2012). A principal causa de quebras térmicas é uma diferença que se desenvolve entre a temperatura das extremidades do vidro e a do seu centro, sendo mais incidente quando as extremidade estão frias e a região central mais aquecida.

Para que se evite este tipo de roturas nos vidros deve ser tido em conta na fase de projeto o tipo de tratamento do mesmo, tendo em conta a sua aplicação. É exemplo que um vidro termoendurecido tem uma incidência de quebra espontânea muito menor do que o temperado.

Existe um risco maior de quebra térmica durante a fase de construção do edifício, que diminui uma vez que o edifício esteja fechado e aquecido. O stress térmico apresentado durante a construção é mais comum quando as obras não são aquecidas internamente e os planos de vidro ficam expostos diretamente à luz solar. Nestes casos, o vidro pode quebrar enquanto seu centro está aquecido pelo sol e as extremidades arrefecidas pelo contacto com o caixilho. Este tipo de ocorrência e superior para vidros que absorvam mais o calor, tais como vidros coloridos ou refletivos (GUARDIAN SUNGUARD, 2012).

4.4. TIPOS E PERIODICIDADE DA MANUTENÇÃO

Os requisitos da manutenção de um edifício e das suas várias partes estão diretamente relacionados pelo tipo e intensidade de utilização que estes recebem (BS8210:1986). O melhor conhecimento dos elementos constituintes da fachada, das suas vidas úteis, das suas necessidades de manutenção, dos mecanismos de degradação e das anomalias mais frequentes trás a possibilidade de estabelecer uma periodicidade às operações de manutenção necessárias para que as características funcionais das fachadas se mantenham.

Todos os edifícios e as suas respectivas fachadas estão sujeitas a uma variedade de factores de influência sobre a frequência e o âmbito da manutenção das fachadas dos edifícios (BS8210:1986), tendo em conta os agentes exteriores responsáveis pelo aparecimento de anomalias, assim como a utilização por parte dos utentes

Ao nível do planeamento e tipo de intervenções a executar na manutenção das fachadas em vidro devem ser previstos os trabalhos de (CÓIAS, 2004):

- limpeza;
- reparações localizadas;

- substituição/renovação.

Após a conclusão de uma fachada em vidro, a sua utilização e a ação do tempo tendem a degradar os vários componentes utilizados, Desta forma, deve ser realizado um plano de inspeções, para além das limpezas necessárias à boa apresentação do edifício. Geralmente o vidro é um material de vida longa se tratado adequadamente, podendo ter mesmo uma vida útil ilimitada.

No que diz respeito aos trabalhos de limpeza do vidro a sua frequência é importante, não só para remover a sujidade da superfície, mas também para evitar o aparecimento de manchas. As manchas no vidro podem ocorrer quando o sódio que está na estrutura do vidro reage com a humidade do ar, criando o hidróxido de sódio, que é corrosivo. Se este hidróxido de sódio for deixado na superfície por um período prolongado, o vidro será danificado permanentemente e a única solução para obter novamente a sua aparência passa pela sua substituição (GUARDIAN SUNGUARD, 2012). As fachadas com painéis em vidro inclinados necessitam de uma limpeza mais frequente que os painéis verticais (STAIB, 1999).

Durante os trabalhos de limpeza devem ser tomadas algumas precauções (GUARDIAN SUNGUARD, 2012):

- evitar meios de limpeza abrasivos ou com alto teor alcalino, não devendo ser utilizados produtos derivados do petróleo, como a gasolina;
- não utilizar ácidos fluorídrico e fosfórico, pois são corrosivos à superfície do vidro;
- proteger a superfície do vidro de ácidos e agentes de limpeza utilizados por exemplo para limpar o caixilho, ladrilhos ou alvenarias, que possam ser borrifados ou que escorram sobre a superfície;
- não utilizar ferramentas de limpeza abrasivas, que possam riscar a superfície do vidro.

Ao nível das reparações ou necessidades de renovação dos elementos da fachada em vidro deve ser sempre feita uma inspeção semestral que vai apresentar os trabalhos de verificação do estado de todos os fechos, compassos e dobradiças das janelas e portas que equipam as fachadas, confirmando-se o bom funcionamento dos mesmos, oleando-se as partes móveis e procedendo-se à substituição das peças que acusem desgaste excessivo ou deterioração por má manobra. Este tipo de inspeção ficará ao encargo das equipas de manutenção do edifício.

A par da inspeção periódica semestral, numa inspeção quinquenal deve ser feita uma controlo geral da fachada procurando confirmar se as condições gerais da fachada se mantêm e deverão ser verificadas as seguintes situações (TECHNAL, 2012):

- estado das colas (elasticidade e fissuras), eventuais agressões aos quadros e estrutura portante, envelhecimento do vidro, pontos de corrosão, entre outros. Neste caso serão cautelosamente

verificados elementos aleatórios escolhidos de zonas com acesso pelo interior e também, se existir, de zonas opacas, sendo retirado e verificado além do referido o estado de fixação das peças à fachada;

- observação à distância pelo exterior de toda a fachada procurando-se situações anómalas, como é exemplo o estado dos vidros, os escorrências de corrosão, o descaimento de janelas e a degradação dos remates, entre outros.

Este tipo de inspeção tem que ser executada por pessoal habilitado, devendo ser sempre emitido um relatório de inspeção, que será tido em conta para a realização dos trabalhos de manutenção julgados necessários.

4.5. AS OPÇÕES DE PROJECTO E POSTERIOR MANUTENÇÃO

Qualquer processo de realização de um empreendimento da construção é de certa forma único quer seja em termos de conjunto de recursos humanos, equipamento e tecnologia utilizada, quer seja em termos de local, condições meteorológicas e ambiente envolvente. Ao contrário das restantes indústrias, a produção é individual, não seriada e em que sendo cada empreendimento um protótipo nunca existe uma segunda oportunidade de fazer melhor. A complexidade dos empreendimentos é também bastante variável podendo ir desde os que são relativamente simples aos bastantes complexos (SILVA, 2005).

Durante a concepção de um projeto o arquiteto deve ser capaz de determinar os riscos da construção para uma particular circunstância, ter em conta o tipo de materiais a utilizar, a interação física envolvida, estimar a sua vida útil, considerar a incorporação do edifício dentro da regulamentação técnica aplicável e implementar factores de segurança (ADDLESON , 1992).

Desta forma, os acabamentos do edifício devem ser compatíveis com o tipo de utilização dos locais onde estão a ser aplicados, como o comportamento dos utentes e com os agentes susceptíveis de os influenciar. Na fase de utilização, pouco mais se poderá conseguir do que uma conservação satisfatória, que não elevará o seu nível de qualidade. Deve garantir-se as condições necessárias para que as operações de manutenção e limpeza se efetuem de modo fácil e corrente (GOMES, 1992).

O tipo de atividades de manutenção e a sua frequência são criticas para a longevidade dos elementos, sendo que as falhas em específicos trabalhos de manutenção podem ter como consequência a aceleração da sua deterioração. A provisão de um adequado acesso e espaço para possibilitar as rotinas de inspeção e manutenção é também um dado a ter em conta (BLP, 2001), onde no caso das fachadas em vidro devem ser tomadas opções em projeto para a facilidade de acesso e prever, para além disso, situações em obra que minimizem o aparecimento de anomalias durante a fase de utilização do edifício, minimizando desta forma as operações de manutenção, para além das necessárias.

Entre outros exemplos possíveis de ser dados, é de concluir que as opções em projeto para uma correta e eficaz manutenção das fachadas dos edifícios devem começar, à partida, pela seleção dos materiais em consequência pelas opções de acesso à manutenção, conseguindo desta forma uma estratégia integrada para a correta e eficaz manutenção durante a vida útil do edifício face às opções tomadas na concepção.

Ficam posteriormente ao encargo da equipa de gestão e manutenção do imóvel se apropriar das opções tomadas e transferir os seus conhecimentos para uma correta manutenção através de métodos apropriados ao trabalho necessário, passando desde a sua limpeza, à sua reparação, à substituição ou à inspeção.

Estes trabalhos devem ser equacionados e preparados de forma periódica para se garantir o correto funcionamento da fachada e as previsões de vida útil expectáveis, conseguindo assim a garantia necessária para as funções primordiais de uma fachada sem custos de manutenção excessivos e uma melhoria da sua operacionalidade, condicionante para as espectativas dos utilizadores e dono da obra.

4.6. SÍNTESE

Em Portugal, uma das principais causas da não qualidade da construção é a inexistência de um sistema de responsabilidades, garantias e seguros que responsabilize efetivamente os diversos intervenientes no processo construtivo pelos erros de concepção, de execução ou do mau comportamento dos materiais e componentes de uma construção, e que, simultaneamente, garanta a indemnização dos danos causados, de forma análoga.

Nas últimas décadas, a manutenção dos edifícios foi sempre uma atividade negligenciada dentro do processo construtivo, sendo que esta situação provém de uma legislação generalista, o RGEU ou D.L. 177/2001. A aproximação entre o projeto e a construção alterou-se rapidamente nos últimos 20 anos, tendo acontecido, maioritariamente, devido às expectativas dos clientes de adquirir um melhor desempenho tanto pela parte dos projetistas como dos empreiteiros e pela necessidade de uma certeza pelo resultado final dos seus projetos.

Em circunstâncias ideais, o projeto deve representar um modelo perfeito dos elementos propostos que, de modo em que foi relevante o detalhe do desenho e construção, será valorizado para o operador da manutenção, os utilizadores do edifício e o dono de obra.

A constante exposição das fachadas às ações climatéricas e ao efeito nefasto da poluição atmosférica origina uma deterioração acelerada dos seus elementos constituintes, cujos efeitos podem pôr em risco a segurança das pessoas, podendo também atingir o interior do edifício, dados estes que devem ser tidos em conta no momento de concepção arquitectónica. Um apropriado desenho e detalhe, ambos os

componentes sobre consideração, são fundamentais para a longevidade das condições de serviço de um determinado elemento ou componente, sendo que deve ser considerado para o caso das paredes exteriores que estas devem ser capazes de resistir a todo o tipo de cargas aplicadas como o vento, as deflexões estruturais, expansão ou retração dos materiais, movimentos das fundações, cargas sísmicas, entre outras, e para além destes a todos os tipos de agentes de deterioração evitando o aparecimento de anomalias.

Para além dos cuidados tomados em projeto também os trabalhos de manutenção vão influenciar o desempenho das fachadas dos edifícios, devendo eleger-se uma metodologia pertinente a cada tipo de edifício, adequando os seus trabalhos ao seu desenho, função, entre outras especificidades características de cada construção.

5. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA AOS EDIFÍCIOS EM SERVIÇO

5.1. NOTAS INTRODUTÓRIAS

O presente trabalho pretende analisar o fenómeno da manutenibilidade, no que diz respeito às opções do projeto de arquitetura, ao nível das fachadas de vidro dos edifícios. Pretende-se saber quais as opções que o arquiteto toma na fase de projeto que influenciam o desempenho do edifício ao longo da sua vida, condicionando assim a sua manutenibilidade.

Esta abordagem acontece com base no produto final do processo de projeto, as obras. Para este efeito, procedeu-se à análise de um conjunto de edifícios em serviço, de modo a recolher dados sobre o desempenho de diversas soluções ao nível das fachadas em vidro.

Assim definiu-se um parque edificado fonte de estudo, sobre o qual foram feitas diversas interpretações. Em termos funcionais e programáticos existe alguma diversidade de situações, permitindo confrontar e estudar situações diversas, desde edifícios privados aos edifícios públicos.

Foram selecionados edifícios com aplicações distintas ao nível das fachadas em vidro em condições físicas e ambientais diferentes, tendo também cada construção características próprias, como é exemplo o seu tipo de desenho, o número de pisos, a sua idade de construção, entre outros fatores.

A interpretação e sistematização da análise feita aos edifícios casos de estudo baseia-se em inspeções visuais e a partir do conhecimento e registos feitos pelas equipas responsáveis pela manutenção, tendo em conta as visitas efectuadas aos edifícios e o preenchimento de fichas de apoio à visita, conforme em anexo, onde foram registados os elementos necessários para se poder perceber tanto a tipologia do edifício como as operações de manutenção e limpeza que são realizadas e a sua periodicidade, as anomalias verificadas, entre outros dados considerados. Através destes dados pretende-se chegar a algumas conclusões que influenciaram, de certa forma, os meios de operação destes edifícios casos de estudo, ao longo da sua vida útil, e como se podia ter agido durante a sua concepção para evitar algum tipo de patologia inerente às opções tomadas e quais os aspectos que foram considerados que em tudo fizeram parte do atual sucesso do empreendimento, fazendo parte das operações de manutenção periódicas aplicadas ou pontuais que são executadas nas fachadas em vidro dos edifícios.

5.2. CASOS DE ESTUDO

5.2.1. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO E TIPOLOGIA

5.2.1.1. ESTORIL SOL RESIDENCE EDIFÍCIO CASCAIS

O Empreendimento Estoril Sol Residence (Figura 5.1) caracteriza-se por ser um condomínio privado com uma localização privilegiada junto à zona costeira da Linha de Cascais, com uma proximidade bastante vincada sobre o Parque Natural Palmela. A obra foi concluída em Agosto de 2010, tratando-se de um edifício contemporâneo constituído por três volumes amplamente envidraçados numa estrutura mista de betão e aço com um máximo de quinze pisos acima do solo. Para além dos pisos de habitação está dotado de três pisos abaixo do solo onde se organiza o estacionamento e locais de serviço do edifício. Detêm de uma área bruta de 54.800 m^2 com um conjunto de 110 fogos habitacionais.

Do conjunto de quatro edifícios deste empreendimento, foi selecionado o edifício Cascais como caso de estudo desta dissertação.

Ao nível das suas fachadas este edifício é caracterizado por incluir uma estrutura do tipo de fachada em vidro duplo de fixações integradas, com aplicação de vidro com acabamento incolor, sem adição de cor ou outro tipo de tratamento, adoptando uma solução composta por um esquema de vidros duplos com o plano de vidro exterior temperado e o interior laminado. Para o seu sombreamento foi adotado um sistema de lâminas pelo exterior, estas que são reguláveis pelo próprio utente no interior do edifício, apoiando-se num sistema de correr lateral que funciona como guia e orientador deste sistema de sombreamento.

No que diz respeito à orientação das suas fachadas, conforme figura 5.2, é possível encontrar, no mesmo edifício, quatro situações distintas para um mesmo sistema de fachada, estando estas posicionados a Norte (fachada 1), Sul (fachada 3), Este (fachada 2) e Oeste (fachada 4).

Neste empreendimento os trabalhos de manutenção são uma preocupação atual dos condóminos, estando ao encargo de uma empresa de gestão e manutenção de edifícios que diariamente está presente para executar todo o tipo de trabalhos e assistência necessária ao correto funcionamento do edifício. Por parte desta empresa são adoptadas estratégias de manutenção do tipo planeada e reativa, sendo os trabalhos de emergência principalmente causa de anomalias provocadas por deficiências da concepção e da construção, dado se tratar de uma construção recente. As inspeções gerais ao edifício são executadas semestralmente e a limpeza das fachadas de 2 em 2 meses. O acesso para a manutenção das fachadas é feita por equipas de alpinistas.

Ainda não foi implementado uma periodicidade para as operações de manutenção das fachada, onde é possível incluir os trabalhos de reparação e substituição, dado ser uma construção muito recente, mas já foram executados alguns trabalhos à medida das necessidades.

Figura 5.1 – Estoril Sol Residence Edifício Cascais.

Figura 5.2 – Implantação Estoril Sol Residence Edifício Cascais, GOOGLE MAPS (2012).

5.2.1.2. CASINO LISBOA

O edifício onde funciona atualmente o Casino de Lisboa (Figura 5.3), trata-se de um equipamento público, com uma infraestrutura de lazer e entretenimento, que se caracteriza pela diversidade da oferta de espetáculos, de animação, de jogo, de gastronomia e de cultura. Fica inserido no complexo do Parque das Nações em Lisboa, junto ao Rio Tejo.

Caracteriza-se por ter sido, outrora, o Pavilhão do Futuro, no contexto da Exposição Internacional de Lisboa de 1998 (EXPO 1998). A obra foi concluída em Abril de 2006, sendo este edifício marcado por um conjunto de volumes onde o elemento central apresenta uma fachada em vidro do tipo de cortina com uma solução VEA (Vidro Exterior Agrafado), nas zonas cegas a fachada é marcada por uma solução de fachada do tipo ventilada com revestimento em vidro e em zonas de serviço também por uma fachada de cortina, mas neste caso, com uma solução do tipo VEC (Vidro Exterior Colado).

É constituído por um total de oito pisos com uma área bruta de 17.500 m^2, onde quatro estão acima do solo e os outros quatro abaixo do solo. O pisos abaixo do solo integram o estacionamento e os três primeiros acima do solo as zonas de jogo, de animação e de restauração e o último piso integra a zona de escritórios e de serviços internos.

No que diz respeito à orientação das suas fachadas, conforme figura 5.4, é possível encontrar no mesmo edifício, quatro situações, estando as fachadas posicionados a Norte (fachada 1), Sul (fachada 3), Este (fachada 2) e Oeste (fachada 4).

A fachada Este inclui dois tipos de fachada em vidro, sendo o elemento central caracterizado por um sistema do tipo de cortina com uma solução VEA (Vidro Exterior Agrafado), onde o vidro aplicado é simples e com acabamento incolor, e adjacente a esta apresenta-se uma solução de fachada ventilada em vidro, onde apenas o vidro aparece como um revestimento, sendo neste caso colorido na cor preto. A fachada a Sul apresenta apenas o sistema de fachada de cortina do tipo VEC (Vidro Exterior Colado), enquanto as restantes, a Oeste e a Norte, apresentam uma fachada do tipo ventilada com revestimento em vidro.

Este equipamento público detém de um departamento próprio que está ao encargo da manutenção do edifício, sendo desta forma o pessoal responsável residente, fazendo com que o edifício tenha um acompanhamento diário no que diz respeito aos seus trabalhos de manutenção.

As estratégias de manutenção a aplicar são combinadas tendo em conta o tipo e intensidade de utilização do edifício. As inspeções gerais à construção são feitas semestralmente, assim como as operações de limpeza das fachadas, já no que diz respeito às operações de manutenção às fachadas, integrando os trabalhos de reparação e substituição, este são efectuados de forma reativa e sempre que necessário, não estando estes apoiados em qualquer esquema com periodicidades estabelecidas. Todos os trabalhos de manutenção à fachada são executados com recurso a um carro com plataforma elevatória.

Figura 5.3 – Casino de Lisboa.

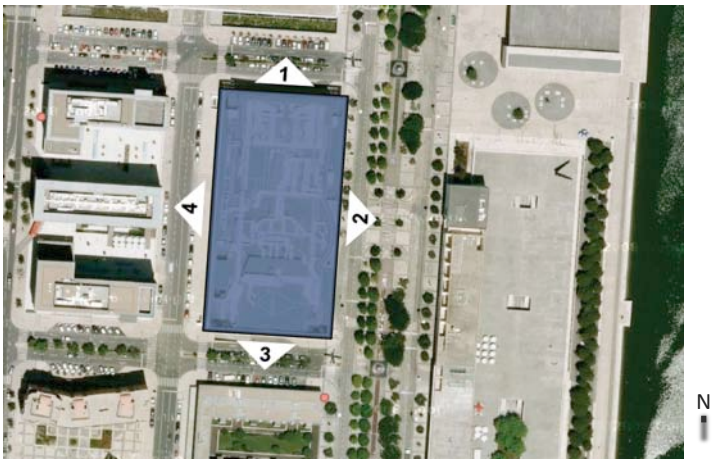

Figura 5.4 – Implantação Casino de Lisboa, GOOGLE MAPS (2012).

5.2.1.3. TORRE NORTE INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

O conjunto de duas torres com fachada em vidro fazem parte do complexo universitário do Instituto Superior Técnico, da Universidade Técnica de Lisboa, estando localizadas junto à Alameda D. Afonso Henriques, em Lisboa. Para a continuidade do trabalho apenas foi considerada a primeira torre a ser construída, correspondendo à que se encontra a Norte, no que diz respeito à implantação do complexo (Figura 5.5).

A obra foi concluída em 1995 e é marcada por um volume sobre uma construção que funciona como embasamento, estando assim sobre elevada, apresentando-se a fachada sobre um sistema de fachada em cortina, adoptando pelo tipo solução VEC (Vidro Exterior Colado). Este bloco, parte do Campus Alameda, tem uma área bruta de 10.680 m2, sendo constituído por um total de 15 pisos.

Nestas instalações os alunos dispõem de anfiteatros equipados com meios audiovisuais, salas de aulas e laboratórios, para além de um conjunto de infraestruturas adicionais que incluem salas de computadores, salas de estudo, biblioteca, e uma unidade de prototipagem e calibração, numa totalidade de 303 espaços.

No que diz respeito à orientação das suas fachadas, conforme Figura 5.6, é possível encontrar, no mesmo edifício, quatro situações, estando as fachadas posicionados a Norte (fachada 1), Sul (fachada 3), Este (fachada 2) e Oeste (fachada 4).

Os vidros aplicados no sistema de fachada de cortina são duplos, sendo distintos os tipos aplicados na zona da fachada acima dos parapeitos e nos espaços entre pisos até à altura do parapeito. Desta forma,

acima do parapeito o vidro exterior é temperado e o interior laminado e abaixo do parapeito ambos os vidros, da caixilharia dupla, temperados.

A gestão da manutenção do edifício são preocupações atuais da organização, existindo um núcleo de obras e manutenção associado aos edifícios do campus universitário do Instituto Superior Técnico.

São executadas estratégias de manutenção combinadas, entre trabalhos do tipo planeados e outros do tipo reativos. No que diz respeito às inspeções gerais ao edifício não existe uma periodicidade implementada para a execução, sendo feita sempre que necessário, tal como as operações de manutenção nas fachadas. No que diz respeito à limpeza das fachadas estas são feitas de forma semestral recorrendo ao bailéu com carril existente na cobertura.

Figura 5.5 – Torre Norte Instituto Superior Técnico.

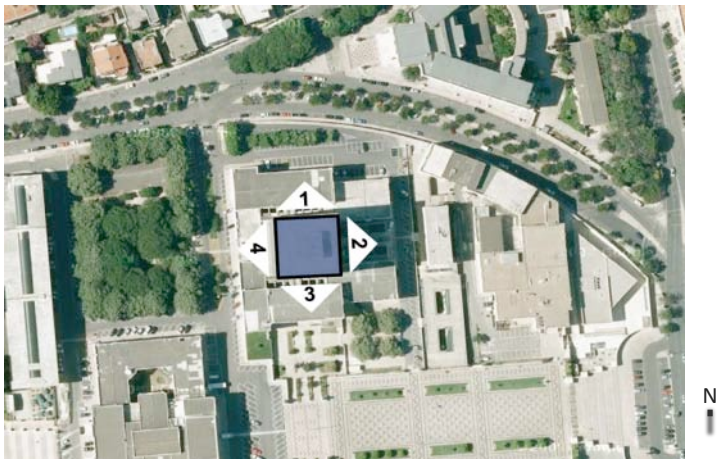

Figura 5.6 – Implantação Torre Norte Instituto Superior Técnico, GOOGLE MAPS (2012).

5.2.1.4. EDIFÍCIO SEDE NOVABASE

O edifício sede da empresa Novabase (Figura 5.7) trata-se de um edifício totalmente ocupado por espaços para escritório e está inserido no complexo do Parque das Nações em Lisboa, junto ao Rio Tejo.

A obra foi concluída em 2006, sendo constituída por um volume com 11 pisos acima do solo e 3 pisos de estacionamento subterrâneos, com uma área bruta total de 11.000 m^2. O sistema de fachada adoptado é o de cortina com uma solução do tipo VEC (Vidro Exterior Colado), com aplicação de vidro temperado com acabamento incolor nas zonas acessíveis e colorido entre pisos.

No que diz respeito à orientação das suas fachadas, conforme figura 5.8, é possível encontrar, no mesmo edifício, quatro situações, estando as fachadas posicionados a Norte (fachada 1), Sul (fachada 3), Este (fachada 2) e Oeste (fachada 4).

A gestão da manutenção é uma preocupação atual da empresa, existindo um departamento interno responsável pela gestão dos trabalhos. São adoptadas estratégias do tipo planeada para os trabalhos de manutenção do edifício, onde as inspeções gerais ao edifício, assim como as executadas às fachadas, são executadas sempre que se torna necessário, não havendo uma periodicidade estipuladas para este tipo de trabalhos. As operações de limpeza da fachada são feitas de forma semestral com o recurso aos mecanismos existentes, sendo estes o bailéu suspenso móvel e também o bailéu com carril na cobertura.

Figura 5.7 – Edifício Sede Nova Base.

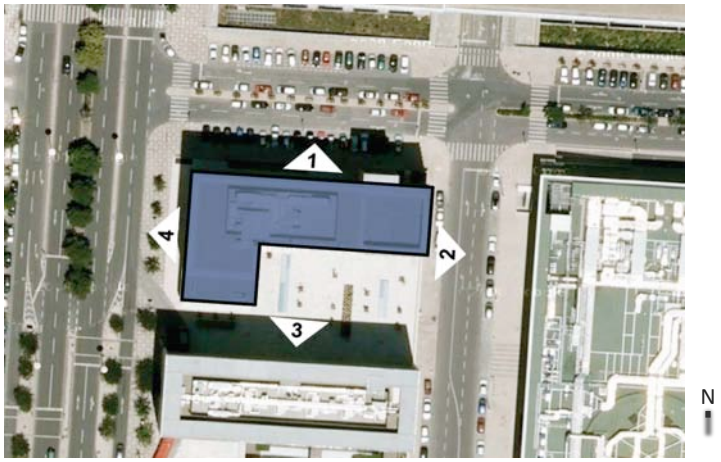

Figura 5.8 – Implantação Edifício Sede Nova Base, GOOGLE MAPS (2012).

5.2.1.5. EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS CONDOMÍNIO GREEN PARK

Junto à Praça de Espanha ergue-se o condomínio Green Park, com mais de 62 mil m² de área de construção. Este complexo é constituído por oito edifícios que se conjugam harmoniosamente numa zona residencial integrada em funcionais áreas de escritórios e de comércio, localizado junto a duas vias de grande tráfego automóvel, o eixo Norte-Sul e a Av. dos Combatentes, na Freguesia de São Domingo de Benfica, em Lisboa.

Para a continuação do trabalho foi considerado o estudo e análise do edifício de escritórios inserido no complexo, onde funcionam as instalações da Clínica Maló, conforme figura 5.9.

A obra foi concluída em 1998, sendo marcada por uma construção em betão com a aplicação de zonas de fachada de vidro em cortina, com uma solução do tipo VEC (Vidro Exterior Colado), sendo os vidros parte do sistema de acabamento espelhado.

À semelhança do empreendimento Estoril Sol Residence, os condóminos têm em conta a necessidade da existência de uma empresa responsável pela gestão e manutenção dos edifícios. Para a manutenção do edifício é adoptada uma combinação de estratégias de manutenção, que passam por trabalhos de carácter planeados e outros executados de forma reativa. As inspeções gerais ao edifício são efectuadas semestralmente, assim como as operações de limpeza da fachada. No que diz respeito à operações de manutenção da fachada, incluindo os trabalhos de reparação e substituição dos elementos constituintes do sistema, estas são feitas quando se apresenta necessário, não estando destinada nenhuma periodicidade neste tipo de trabalhos .

No que diz respeito à orientação das suas fachadas, conforme figura 5.10, podemos encontrar no mesmo edifício quatro situações, estando as fachadas posicionados a Noroeste (fachada 1), Nordeste (fachada 2), Sudeste (fachada 3) e Sudoeste (fachada 4).

É de salientar neste caso a variedade de soluções de acesso às fachadas em vidro, dada as diferentes formas adoptadas no desenho, verificando-se soluções planas verticais, outras curvas verticais e em zonas de acesso restrito. Desta forma, estão presente no empreendimento sistemas de bailéu suspenso móvel, para os casos de soluções de fachada curvas verticais, de bailéu com carril na cobertura, nos casos de acesso condicionado e soluções de fachada planas verticais, através do recurso a alpinistas, nas fachadas planas verticais de menor dimensão, e por fim a adopção do uso de escadas móveis em zonas inclinadas.

Figura 5.9 – Edifício Escritórios Condomínio Green Park.

Figura 5.10 – Implantação Edifício Escritórios Condomínio Green Park, GOOGLE MAPS (2012).

5.2.1.6. EDIFÍCIO PT PRO

O edifício de escritórios da PTPRO (Figura 5.11) está localizado na zona de Entrecampos, em Lisboa, junto à linha de comboio, marcado pela sua visibilidade dentro do conjunto dos edifícios vizinhos, datando a conclusão da sua obra em 1995. Para a continuidade do trabalho apenas foi estudado o edifício principal, que se desenvolve em 12 pisos acima do solo com espaços de escritórios e quatro pisos abaixo do solo de estacionamento.

A fachada em vidro deste edifício apresenta-se segundo o tipo de cortina, com uma solução do tipo VEP (Vidro Exterior Preso), com aplicação de vidro duplo com acabamento espelhado.

No que diz respeito à orientação das suas fachadas, conforme figura 5.12, é possível encontrar no mesmo edifício quatro situações, estando as fachadas posicionados a Noroeste (fachada 1), Nordeste (fachada 2), Sudeste (fachada 3) e Sudoeste (fachada 4).

A gestão da manutenção é uma atual preocupação da empresa, existindo dentro da própria organização um departamento responsável pelo seu correto funcionamento. São adoptadas estratégias do tipo planeada para a execução dos trabalhos de manutenção do edifício. No que diz respeito à periodicidade das inspeções gerais ao edifício estas são feitas de certa forma diariamente através de um plano estabelecido para as diferentes áreas e de uma forma mais generalizada de dois em dois anos, já ao nível das fachadas foi imposto um periodicidade quinquenal que inclui todos os trabalhos necessários à renovação e reparação dos elementos constituintes.

As operações de limpeza da fachada são executadas semestralmente, dependendo da zona do edifício com o recurso a alpinistas ou através do sistema de bailéu suspenso móvel.

Figura 5.11 – Edifício PT PRO.

Figura 5.12 – Implantação Edifício PT PRO, GOOGLE MAPS (2012).

5.2.1.7. EDIFÍCIO IMPALA

O edifício de escritórios da empresa Impala (Figura 5.13) está situado no fim de uma via de grande tráfego, a IC19, na zona da Abrunheira, no Concelho de Sintra. Para além da particularidade da sua proximidade com esta via rodoviária também a proximidade da Serra de Sintra trás algumas influências sobre a fachada em vidro deste edifício, que se caracteriza por um sistema de vidro duplo de fixações integradas, através do uso de uma estrutura portante em caixilharia de alumínio que integra as unidades de vidro duplo.

Este edifício é constituído por um total de 4 pisos acima do solo e um piso técnico abaixo do solo, tendo uma área bruta total de 9428 m^2. A sua conclusão data de 1996 e é constituído por um bloco único com fachadas inclinadas de diversas formas ao longo do edifício.

No que diz respeito à orientação das suas fachadas, conforme figura 5.14, é possível encontrar, no mesmo edifício, quatro situações, estando as fachadas posicionados a Norte (fachada 1), Sul (fachada 3), Este (fachada 2) e Oeste (fachada 4).

É de notar ao nível do desenho do edifício a irregularidade dos painéis de vidro presentes ao longo da fachada norte. Para além desta situação é possível encontrar na fachada em vidro a Oeste uma situação inclinada e nas outras duas situações de fachadas verticais.

A gestão e manutenção do edifício são preocupações atuais da empresa, tendo esta um próprio departamento responsável para o efeito com pessoal especializado. As inspeções gerais ao edifício são feitas anualmente, adoptado principalmente por uma estratégia do tipo reativa, e ao nível das fachadas do edifício os trabalhos de inspeção são feitos quanto necessários. A limpeza das fachadas é feita semestralmente com recurso a alpinistas.

Figura 5.13 – Edifício Impala.

Figura 5.14– Implantação Edifício Impala, GOOGLE MAPS (2012).

5.2.2. PARÂMETROS DE OBSERVAÇÃO

Muito embora haja, hoje em dia, uma preocupação crescente com a qualidade da construção, verifica-se que os edifícios construídos nos últimos anos não apresentam a qualidade esperada, resultado da multiplicidade de anomalias verificadas na construção. Muitas vezes o deficiente comportamento dos edifícios, em particular da sua envolvente, deve-se a uma ausência de compatibilização das múltiplas exigências e à ausência de uma pormenorização construtiva adequada.

É importante conhecer esses problemas, pois conhecendo-os é possível obter informações sobre as suas causas, as origens, assim como as medidas de prevenção e de recuperação. O progresso do trabalho de dissertação implica a criação de uma regra para a sistematização da informação recolhida durante as visitas aos casos de estudo. A sistematização da informação, tendo em conta a observação visual dos casos de estudo, deve ser feita recorrendo à elaboração de fichas de visita para cada um dos edifícios, por forma a identificar, em cada caso, os parâmetros de estudo e os dados observados.

Para que seja clara, esta análise, os parâmetros de observação devem ter em conta a localização da construção, as anomalias visíveis, e as implicações que estas trazem à vida útil da construção, e o seu estado de manutenção, tendo em conta parâmetros máximos e mínimos estipulados, dado o carácter relativo do conceito de vida útil.

Desta forma, a observação visual dos casos de estudo, e o posterior trabalho de desenvolvimento, deve apenas incidir sobre as fachadas dos edifícios. Em geral, a maioria das anomalias verificadas nos edifícios são ao nível dos seus paramentos exteriores, trabalhando como camadas sacrificiais e de expressão estética com grande relevância no comportamento físico e para a percepção visual da arquitetura, desempenhando um papel relevante na durabilidade dos edifícios, já que constituem a "pele" que assegura a proteção dos mesmos contra as ações agressivas de natureza física, química ou biológica.

A durabilidade de um edifício e de suas partes está associada à durabilidade dos materiais e componentes utilizados, às condições de exposição a que está submetido, às condições de uso e às ações de manutenção realizadas. No caso das fachadas em vidro foram analisados todos os seus elementos constituintes, como é exemplo o próprio vidro, a estrutura de suporte do sistema, os elementos de selagem, tendo em conta os meios utilizados para a manutenção, os tipos de estratégias adoptadas pelos responsáveis pela gestão e manutenção, a periodicidade dos trabalhos de inspeção e limpeza. Por fim foram analisadas as anomalias existentes e recolhidas as informações possíveis e necessárias sobre as ocorrências que já haviam acontecido na fachada do edifício.

5.3. ANOMALIAS VERIFICADAS E CAUSAS PROVÁVEIS

Um dos aspectos que dificulta o diagnóstico dos defeitos na construção é a existência de mais de uma causa que pode ser responsável pelo defeito, por outro lado muitas vezes é impossível identificar a causa primária. É importante distinguir claramente a diferença entre a causa da anomalia e o agente ou factor que ativou a causa (ADDLESON, 1992) para ao máximo não voltar a ocorrer a anomalia, recorrendo ao conhecimento da sua causa para evitar futuras ocorrências, corrigindo os defeitos nas operações de substituição ou de reparação necessárias para o correto funcionamento do sistema.

No conjunto dos edifícios caso de estudo analisados foi possível verificar uma série de ocorrências que se apresentam como falhas do sistema de fachadas em vidro. Para além dos casos visíveis aquando as visitas, também foram registadas as ocorrências passadas, registadas pelos responsáveis pela gestão e manutenção dos edifícios.

Em alguns casos as anomalias verificadas há algum tempo e que ainda se encontram ativas, devido a dificuldade ou quase impossibilidade da sua resolução, implicam o funcionamento dos sistema de fachada e atingem esteticamente o edifício.

5.3.1. ROTURA DO VIDRO

Na maioria dos edifícios visitados a ocorrência de roturas em vidro é uma anomalia que se verifica ou tem sido verificada diversas vezes, por razões desconhecidas e aleatoriamente nas fachadas, dependendo da sua orientação, mas com maior número de incidência nos pisos superiores e em zonas cegas da fachada, neste caso em vidros coloridos colocados entre pisos ou na platibanda do edifício.

Apenas foi reconhecida uma situação de rotura, nos casos de estudo selecionados, mas neste caso por criminalidade, através da quebra do vidro por disparos contra a fachada. Em nenhum dos casos foi

encontrada rotura por impacto acidental, mesmo nas situações em que o vidro se encontra ao nível do piso térreo e junto de vias públicas.

As roturas verificadas nos diferentes casos de estudos podem ter diversas causas prováveis para a sua ocorrência, sendo possível a sua suposição pela forma da sua ocorrência ou pelo estado em que ficou após a rotura.

É exemplo deste tipo de incidência no edifício Impala. A ocorrência é visível no vidro interior dos sistema de vidro duplo, atravessando por completo a unidade do vidro, conforme Figura 5.15. Dado não se tratar de um vidro temperado a sua rotura pode trazer mais riscos para os utentes enquanto este não é substituído. Pode ter sido causa desta rotura, dado se tratar de uma situação interior, a ocorrência de choque térmico, ou uma falha nas capacidades da unidade de isolamento em reter as dilatações do sistema, dado ser perceptível na mesma unidade de vidro duplo uma entrada de água, pelo exterior. Para a avaliação desta situação é primordial a sua substituição da unidade de vidro duplo e a verificação das folgas de dilatação entre a estrutura e sistema de apoio da fachada e as chapas de vidro, assim como a verificação das unidades de selagem do sistema, de forma a este tipo de acontecimentos não sucederem novamente.

Para além deste dois casos na Torre Norte do Instituto Superior Técnico, conforme figura 5.16, a rotura do vidro exterior da unidade de vidro duplo do sistema de fachada, sendo verificável neste caso uma rotura própria de um vidro temperado. É visível que a rotura teve início num ponto bem demarcado agora na chapa e onde a partir deste ponto o vidro foi sofrendo da sua rotura até atingir a totalidade da chapa. Dada a altura a que se encontra o vidro a rotura provocada por impacto acidental ou por vandalismo é quase impossível podendo ser causa provável uma inclusão incorporada no vidro durante a sua fabricação ou por choque térmico entre o centro da chapa e as suas extremidades. São também visíveis outros casos de rotura em diferentes zonas do edifício, e neste caso pelo interior da unidade de vidro duplo, aparecendo sobre a forma de rotura em vidro do tipo não temperado, conforme figura 5.17, podendo ter sido causa o choque térmico devido à colocação na proximidade das chapas de vidro de dossiers ou outro tipo de objetos, ou então pela utilização de equipamentos de aquecimento junto do vão, ocorrendo neste tipo de situações entre diferentes zonas do seu volume uma acentuada diferença de temperaturas, não sendo o aquecimento do vidro uniforme.

Dada a impossibilidade da substituição deste vidros através do sistema de bailéu, pois este não está preparado para receber o peso próprio do vidro, devido à sua localização não tornar possível a colocação de um guindaste, dada a presença de edifícios adjacentes, foi colocada uma película de forma a suportar os vidros partidos.

Figura 5.15 – Rotura vidro exterior laminado, Edifício Impala.

Figura 5.16 – Rotura vidro exterior temperado, Torre Norte IST.

Também foi possível verificar no Edifício do Casino de Lisboa, conforme figura 5.18, a rotura de um vidro na zona superior da fachada. Este tipo de rotura nesta posição da fachada já sucedeu anteriormente em diversos pontos do edifício.

Neste caso este tipo de rotura aparenta ter como causa choques térmico dada a presença do elemento de remate entre a fachada e a cobertura. Dada a sua expressão este acaba por funcionar como um elemento de sombreamento sobre uma parte das chapas de vidro no topo do sistema de fachada, criando, desta forma, sombra que torna propícia a diferença de temperaturas no mesmo plano de vidro, através da subtração de uma porção da superfície envidraçadas às radiações solares.

Figura 5.17 – Rotura vidro interior laminado, Torre Norte IST.

Figura 5.18 – Rotura vidro exterior temperado, Casino de Lisboa.

Por último, foi verificável no Edifício de Escritórios do Condomínio Green Park, conforme figura 5.19, a ocorrência da rotura de um vidro exterior, do sistema de vidro duplo. Neste momento é visível o estore de rolo interior de controlo da luminosidade, podendo este elemento ser uma causa da sua rotura. Este tipo de roturas já sucederam em outras partes da fachada e podem ser causa do efeito do sistema de sombreamento por estore de rolo, dado que o sombreamento da superfície do vidro pode não ser uniforme e concentrar a unidade de calor em certas zonas, conduzindo a roturas por choque térmico.

Figura 5.19 – Rotura vidro exterior temperado, Edifício Escritórios Green Park.

5.3.2. RISCOS E ENTALHES NO VIDRO

A ocorrência de entalhes é bastante comum e, de certa forma, não prejudica o conjunto dos sistema de fachada. Nos casos de estudo analisados este tipo de situação acontece aleatoriamente e sem justificação conhecida. Ao nível dos casos de estudo é visível este tipo de anomalia no edifício da Impala, conforme figura 5.20. Pode ser causa deste tipo de situação uma concentração de esforços no limite da chapa de vidro, podendo ser causada pela ineficiente respostas das unidades de selagem, por estas já se encontrarem ressequidas e não responder às solicitações impostas nas folgas do sistema de fachada, ou por impactos acidentais, dado estes casos se terem observado em zonas junto ao piso térreo pelo exterior da fachada.

Quanto a riscos na superfície do vidro, este tipo de ocorrência muitas vezes acontece pela inadequada limpeza da superfície em vidro, resultando numa anomalia impossível de se reparar, sendo necessária a sua substituição para novamente ter a superfície sem estar danificada. É exemplo também este tipo de ocorrência no edifício da Impala, conforme Figura 5.21.

Figura 5.20 – Entalhes vidro exterior laminado, Edifício Impala.

Figura 5.21 – Riscos vidro exterior laminado, Edifício Impala.

5.3.3. PROBLEMAS AO NÍVEL DA SELAGEM

Neste tipo de sistema de fachadas em vidro as infiltrações acontecem pela falha das unidades de selagem ou pela rotura do vidro.

Este tipo de anomalia foi verificável nos edifícios Impala e Casino Estoril , conforme figuras 5.22 e 5.23 onde as unidades de selagem e, certas situações não estão a responder às necessidades pretendidas, acontecendo situações de infiltração na unidade do vidro duplo.

Para a solução deste tipo de patologia é necessária a inspeção periódica dos elementos de selagem, verificando se o seu funcionamento se encontra ativo, tal como a sua adesão e elasticidade, promovendo a estanqueidade do sistema de fachada em vidro.

Este tipo de anomalia tem vindo a ser verificada ao longo do tempo nos vários edifícios casos de estudo como a Torre Norte do IST, o edifício sede da Novabase e no condomínio Green Park. A sua reparação ou substituição foi executada apenas após a ocorrência de infiltrações, devido à falha da unidade de selagem, ou seja de forma reativa, sendo que uma inspeção periódica a estes elementos, parte da fachada em vidro, é crucial para que esta patologia seja evitada.

Figura 5.22 – Falha na unidade de selagem, Edifício Impala.

Figura 5.23 – Falha na unidade de selagem, Casino Lisboa.

5.3.4. CORROSÃO DO METAL DA ESTRUTURA

A ocorrência da corrosão da estrutura portante ou dos elementos de apoio do sistema de fachada apenas acontece nos casos em que não foram utilizados perfis em alumínio, dada a idade da construção ou pela opção de materialidade e aspecto do conjunto.

Este tipo de anomalia é causa da presença constante de água ou de humidade junto de uma zona da estrutura, sendo evitável pela interrupção deste tipo de contacto com a estrutura metálica.

É possível de verificar este tipo de anomalia na fachada do átrio de entrada do condomínio do Green Park, conforme figura 5.24, sendo visível em diversos pontos da fachada, pelo o seu interior, o aparecimento de pontos de corrosão junto do limite inferior da fachada.

Figura 5.24 – Corrosão estrutura fachada em vidro, Condomínio Green Park.

5.3.5. ESCORRÊNCIAS

A ocorrência de escorrências está bastante marcada em situações tipo dos edifícios caso de estudo. As escorrências são marcados pela presença de outro tipo de materiais junto da fachada em vidro, como é exemplo a utilização de elementos em pedra, betão, ou outro tipo de material que deposite resíduos dos suas escorrências na superfície de vidro.

Estes dois casos são possíveis de ser verificados nos casos de estudo. Este tipo de ocorrência existe pela falta de pormenorização na zona limite de transição entre os dois materiais e pela falta da condução das águas de escorrência provenientes da zona de pedra ou de betão sobre as superfícies de vidro.

Foi verificado este tipo de ocorrência no Edifício Impala , no condomínio Green Park e no Condomínio Estoril Sol Residence, denotando neste caso que este edifício apresenta apenas dois anos de vida útil, concluindo desta forma que o acontecimento deste tipo de anomalia é imediato logo após a ocorrência, por exemplo das primeiras chuvas.

No que diz respeito ao edifício Impala este tipo de incidência acontece pela escorrência da água junto da superfície revestida em pedra sobre a fachada em vidro, conforme figura 5.25.

Outro exemplo, conforme verificado no Estoril Sol Residence e no condomínio Green Park, acontece pela existência de uma platibanda em betão ou alvenaria rebocada sobre a fachada em vidro e pela presença de elementos com revestimento em painéis compostos constituído por duas chapas de cobertura de alumínio com um núcleo de plástico, comercialmente designado por “alucobond”, sobre a zona de fachada em vidro, conforme figuras 5.26 e 5.27.

Figura 5.25– Escorrências, Edifício Impala.

Figura 5.26 – Escorrências, Edifício Estoril Sol Residence.

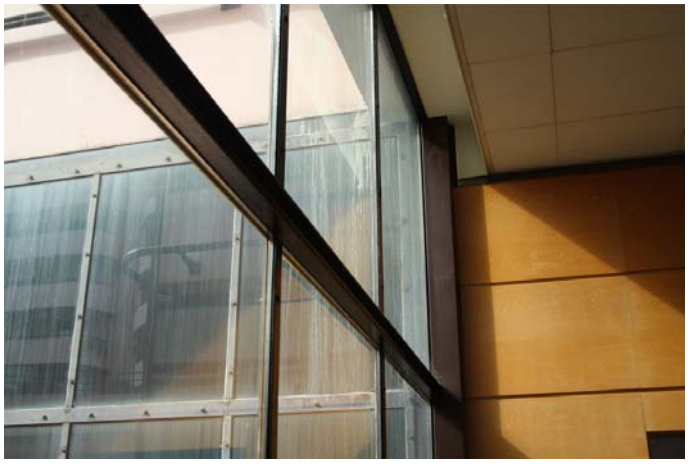

Figura 5.27 – Escorrências, Condomínio Green Park.

5.3.6. OUTRAS

Para além das anomalias verificadas foram também verificadas alguns efeitos negativos aquando as operações de manutenção. Neste tipo de exemplos a própria escolha de soluções arquitectónicas e de materiais face aos métodos utilizados de acesso para a manutenção das fachadas não foram corretamente equacionados, trazendo a ocorrência de situações que identificam esse tipo de falhas ao nível do projeto de arquitetura.

São exemplo no caso do edifício Estoril Sol Residence, aquando o processo de limpeza das fachadas a ocorrência de duas situações. A primeira corresponde à possibilidade de danificar as lâminas de sombreamento da fachada pela forma como os alpinistas se apoiam na fachada, conforme visível na figura 5.28. Como estes elementos apenas são possíveis de ser utilizados pelo condómino, se não estiverem recolhidas durante as operações de limpeza estas vão sendo pisadas pelo alpinista ficando amolgadas, ver pormenor na figura 5.29, nessas zonas, deteriorando o sistema mais rapidamente, sendo apenas possível adoptar pela sua substituição.

Figura 5.28 – Manutenção com recurso a alpinistas , Edifício Estoril Sol Residence.

Figura 5.29 – Pormenor zonas amolgadas lâminas de sombreamento exteriores , Edifício Estoril Sol Residence.

O segundo caso é direcionado para a ocorrência de queda dos produtos de limpeza durante as operações também de limpeza, sendo visível na fachada principal do edifício o escorrimento destes produtos para o interior do espelho de água, que se encontra sob a fachada, conforme visível na figura 5.30. Este tipo de ocorrências de certa forma prejudica mais o normal funcionamento do edifício, não tendo nenhuma implicação ao nível da durabilidade do edifício ou seus elementos constituintes.

Figura 5.30 – Zona afectada pela limpeza das fachadas , Edifício Estoril Sol Residence.

Dentro de outras anomalias é verificável na maioria dos casos de estudo a necessidade periódica da substituição dos compassos que acompanham o sistema de abrir dos vãos das fachadas em vidro, sendo este tipo de patologia em muito causada pelo inadequado uso por parte dos utentes do edifício deste sistema, levando à sua rotura antecipada, no que diz respeito à sua durabilidade efetiva.

5.4. SITUAÇÕES ADOPTADAS APÓS OCUPAÇÃO DO EDIFÍCIO

Nos diversos edifícios caso de estudo foram adoptadas após ocupação do edifício situações de pormenor ou construtivas relativas ao aparecimento de anomalias durante a sua utilização e de forma a que este tipo de situações não se repetisse. Este tipo de situações podem ser vistas como erros de concepção ou pormenorização em projeto de arquitetura.

É neste sentido que esta dissertação tenta apelar aos projetistas que as considerações durante a concepção dos diversos elementos do edifício podem afectar a sua manutenção e desempenho. Neste caso o estudo incidiu sobre as fachadas em vidro de edifício de diferentes tipologias e com utilizações distintas, adquirindo através dos casos de estudo uma panóplia de situações reais que se têm vindo a verificar pelos responsáveis pela gestão e manutenção dos edifícios, podendo direta ou indiretamente prejudicar a diária utilização do edifício.

Na maioria dos casos abordados os trabalhos realizados incidiram sobre soluções para o reforços do controlo térmico e solar, através de sistemas de películas e estores interiores, conforme figura 5.31,

sendo que este tipo de situações à primeira vista não têm qualquer implicação para a futura manutenção do edifício mas na verdade se incorretamente aplicados podem ter efeitos prejudiciais sobre o sistema de fachada em vidro.

Figura 5.31 – Aplicação de estores de rolo pelo interior, edifício Novabase.

Para além destes casos, também foi visível em alguns casos o ajuste de zonas de remate, pela pormenorização incorreta ou mesmo pela falta dela, prejudicando as zonas de transição entre elementos em pedra ou betão e as fachadas em vidro, através da colocação de uma cantoneira metálica para a interrupção e redirecção do escoamento das águas provenientes nos elementos sobre as fachadas em vidro (ver figura 5.32).

Figura 5.32 – Cantoneira metálica, fachada edifício Impala.

Outra solução observada foi a aplicação de películas anti-estilhaço. A sua colocação foi feita ao nível da totalidade da fachada do edifício do Casino de Lisboa e nos vidros da Torre norte do IST que apresentam rotura. Este tipo de solução aparece essencialmente para evitar a queda da chapa ou seus estilhaços, no

caso do vidro temperado, sobre os utentes e público em geral, dado se tratar de edifícios de carácter público.

O cuidado e o conhecimento sobre as soluções adoptadas é essencial para o seu sucesso. Este tipo de elementos devem ser desenhados e selecionados por pessoal com a capacidade de previsão do tipo de funcionamento do sistema construído, tendo este que ser compatível e ir de encontro à solução aplicada pelo projetista.

Para que este tipo de ocorrências não aconteçam, ou de certa forma não retornem ,no que diz respeito às necessidades dos utentes e dos donos de obra e às situações anómalas encontradas pelas equipas responsáveis pela manutenção, é importante, acima de tudo, logo na fase de concepção um contacto direto com todos os intervenientes no processo de construção e ocupação do edifício de forma a cruzar dados e referências relativas às suas diferentes preocupações, dispondo desta forma de conhecimentos do tipo empírico e tecnológico.

Para além desta interação no inicio do projeto de concepção, também se torna essencial uma relação de troca de experiências durante a vida útil dos edifícios de forma a perceber as soluções que não correram como previsto, podendo não estar adaptadas à solução construtiva ou ter entrado em rotura antes do tempo determinado ou previsto. Este tipo de ocorrências e a execução de um relatório de exposição das mesmas é essencial para a formação de uma base de dados coerente para a posterior consulta, evitando erros de projeto por desconhecimento dos projetistas das soluções que não responderam ao espectável.

5.5. SÍNTESE

Muito embora se verifique uma preocupação crescente com a qualidade da construção, traduzida pela introdução de regulamentação específica na área do conforto, verifica-se que os edifícios construídos em Portugal nos últimos anos não apresentam a qualidade esperada, mesmo assim, está a acontecer uma crescente preocupação pela importância da manutenção ao nível da construção dos edifícios. Estes dados podem ser sobrepostos como uma indicação à crescente complexidade dos edifícios, ao aumento dos sistemas dos mesmos e de um aumento das exigências ao nível do serviço dos edifícios pelos utentes e donos de obra.

É neste sentido que o trabalho tenta colmatar algumas falhas no sistema de concepção arquitectónica, apresentando alguns casos construídos como forma de perceber o que acontece hoje no parque imobiliário, através de uma pequena amostra que apenas pode ser indicativa.

Os casos de estudo apresentados não incidiram sobre todas as tipologias de fachadas em vidro, apresentando os casos de estudo fachada de cortina em vidro, do tipo VEC (Vidro Exterior Colado), VEA (Vidro Exterior Agrafado) e VEP (Vidro Exterior Preso), fachada dupla em vidro e fachada com vidro

duplo de fixações integradas. Desta forma as conclusões retiradas apenas determinam hipóteses sobre os tipos de fachada estudados, podendo trabalhar de forma diferente para as outras tipologias existentes apresentadas.

A análise dos edifícios foi feita através da inspeção visual e pelo conhecimento informações registadas pelos técnicos responsáveis pela gestão e manutenção dos edifícios. Desta forma, a identificação das anomalias e das suas causas prováveis apenas se baseiam neste tipo de informação e a partir da bibliografia estudada. Não foram feitos quaisquer tipo de estudos ou análises de carácter experimental ou outro tipo de estudo com características científicas para determinar conclusões dadas como certas.

Foi possível verificar que a anomalia mais comum, e que mais atinge o desempenho do próprio edifício, incide sobre os problemas com as roturas dos vidros, sendo uma ocorrência que acontece num dado momento sem dar qualquer tipo de aviso, de forma a ser possível atuar antes que esta aconteça. Desta forma, os trabalhos de manutenção e mesmo a concepção do próprio edifício tem que ser pró-activa, e nestas fases deve-se ser capaz de atuar de forma a prevenir ou evitar a rotura. É já na fase de projeto ou concepção que estas preocupações devem ser encaradas, através do apoio de uma equipa multidisciplinar com amplo conhecimento do sistema de fachada em causa.

Nos casos onde a manutenção das fachadas em vidro é feita de forma coerente, com planos de inspeção planeados, que as anomalias tais como a rotura espontânea do vidro ou problemas de infiltrações, não surgem, pois são tomadas todas as precauções necessárias à priori para que o sistema não entre em rotura e não falhe. Estas inspeções gerais ao sistema de fachadas que devem ser executadas quinquenalmente devem verificar de forma intensiva, ou através do estudo de determinadas zonas tipo, todas as necessidades de substituições, de vidros ou selagens, assim como a ocorrência de alguns danos menores que podem aumentar de escala se não forem corrigidos atempadamente.

Para além da manutenção, o tipo de utilização dos edifícios e a forma como o utente diariamente manuseia o sistema, assim como as alterações feitas ao sistema após a sua ocupação, podem implicar no aparecimento de algumas anomalias, fruto da aplicação adicional de elementos de sombreamento, películas, entre outros factores.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. CONCLUSÕES

Neste capítulo, apresenta-se um resumo dos principais aspectos abordados nesta dissertação. Deste modo, pretende-se passar pelas principais fases da metodologia adoptada, relatando os pontos de maior interesse.

Todos os edifícios iniciam um processo contínuo de degradação a partir do momento em que são construídos, uma evolução normalmente lenta e quase imperceptível no início, mas que acelera ao longo do tempo, durante a fase de utilização.

Até recentemente, não existiam métodos rigorosos que pudessem apoiar os donos de obra e os projetistas ao nível de estratégias de intervenção rentáveis, quando a durabilidade era considerada e vista como um problema de senso comum e de experiência e as intervenções eram executadas normalmente para corrigir defeitos nos edifícios apenas depois de ter ocorrido o problema. Esta situação alterou-se a partir do momento em que os métodos de previsão da vida útil foram adaptados aos elementos estruturais e em seguida para os materiais não estruturais, podendo desta forma os critérios de manutenção serem desenvolvidos, sendo atualmente uma metodologia já implementada.

Mesmo já tendo havido alguma evolução em termos da manutenção, as metodologias a seguir na fase de projeto, no sentido de perspectivarem uma garantia de qualidade dos aspectos relacionados com a manutenção, ainda não se aplicam correntemente no nosso país. É assim urgente a existência de documentação técnica acessível aos projetistas, incluindo os procedimentos a adoptar e as técnicas de concepção, que permitam antever o comportamento dos elementos na perspectiva de uma manutenção adequada, evitando erros futuros de projeto.

Este tipo de necessidades justificam o aumento dos requisitos ao nível da vida útil dos componentes, através da previsão dos factores de deterioração, de forma a aumentar a implementação efetiva de planos de manutenção. Procurou-se ao longo da dissertação abranger as noções teóricas, de forma a permitir a implementação de uma política de manutenção adequada, que contribua para o incremento da qualidade de vida dos proprietários e utilizadores, para a prevenção do aparecimento atempado de anomalias nas fachadas em vidro dos edifícios.

A utilização específica diária dos edifícios requer que lhe sejam conferidas e mantidas características como a operacionalidade, a flexibilidade, o conforto, a segurança e, ainda, o modo de alcançar o máximo desempenho das suas partes constituintes. Na definição das anomalias ocorridas nas fachadas

em vidro do edifício pretendeu-se, salientar a importância de uma rotina de inspeções aos elementos do edifício, que permita atuar antes da ocorrência de anomalias ou de quaisquer reclamações dos utentes. A execução destas inspeções pressupõe a existência de pessoal com formação específica e capacidade técnica para a recolha e tratamento das informações, com vista a fornecer informação para uma atuação adequada.

Para além destes factores, registando as possibilidades de ocorrências patológicas e através da sua identificação e definição, tenta-se apresentar soluções para minimizar a sua ocorrência através do desenho das próprias fachadas e da sua relação com o interior do edifício. Também se tentou sensibilizar sobre a necessidade de prever à partida no projeto as operações de manutenção e os possíveis meios a utilizar.

Com a realização das fichas dos casos de estudo, pretendeu-se efetuar o levantamento e o registo de diversos dados relativos a cada construção incluindo a sua localização, o tipo de edifício que se trata, a data de conclusão da obra, o número de pisos, a orientação das fachadas, o tipo de fachada e do vidro que a constitui, as estratégias de manutenção utilizadas, a periodicidade das inspeções do edifício e da fachada e da limpeza da mesma, as anomalias já verificadas, as alterações executadas após a ocupação do edifício e também a forma como é feito o acesso para a sua manutenção, percebendo desta forma os processos construtivos usualmente utilizados pelos projetistas e todos os factores de que dependem as operações de manutenção.

6.2. PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

No decorrer da dissertação, muitos foram os aspectos abordados que, atualmente, carecem de estudos aprofundados na área da manutenção. Seria, desta forma, desejável a elaboração e a compilação de um plano de incorporação das metodologias contributivas para o incremento da área da manutenção dos edifícios e dos seus diversos elementos, tendo em conta as diferentes áreas que se apresentam num empreendimento, dada a sua multidisciplinaridade, tais como:

- a existência de uma base de dados com os defeitos mais correntes e as soluções corretivas a implementar nos diversos elementos constituintes de um edifício, visto que a sua existência atual, está dispersa por diversas instituições;
- a avaliação da vida útil dos elementos construtivos e a previsão da vida útil de projeto para os vários sistemas constituintes de um edifício.
- a necessidade de elaboração de planos, a longo prazo, das operações de manutenção a implementar em cada elemento de um edifício;

- a caracterização de metodologia de manutenção periódicas apropriadas a cada elemento de um edifício e a sua avaliação ao nível de custos de operação versus a necessidade de reparação ou substituição;
- o registo dos meios de acesso mais adequados para a manutenção dos vários elementos e sistemas constituintes de um edifício.

Apesar de poder ser uma área de atuação multidisciplinar, é importante que no âmbito da arquitetura e da engenharia civil os seus intervenientes tenham a capacidade e os conhecimentos para acompanhar o desenvolvimento desta área, sendo que quando corretamente aplicado, parece trazer claros benefícios às organizações responsáveis pela gestão e manutenção dos edifícios, assim como o dono de obra e os seus utentes.

BIBLIOGRAFIA

A

ABCB, Australian Building Codes Board (2012). *Guideline Document. Durability in Buildings,* acedido a 8 de Janeiro em: www.abcb.gov.au;

ADDLESON, L. (1992). *Buildings failures. A Guide to Diagnosis, Remedy and Prevention,* 3º Edição, Londres: Edições Architectural Press, Ltd.;

AECWEB, O Portal da Arquitectura, Engenharia e Construção (2012). Acedido a 10 de Setembro em: www.aecweb.com;

AGOPYAN, V.; **FRANCO**, L. (1993). *Implementação da Racionalização Construtiva na Fase de Projecto,* Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo: Edição Escola Politécnica da USP;

AIJ, Architectural Institute of Japan (1993). *The English Edition of Principal Guide for Service Life Planning of Buildings*, Tokyo: Edições Architectural Institute of Japan;

ARDITI, D.; **GUNAYDIN**, H. (1997). *Total Quality Management in the Construction Industry*, International Journal of Project Management;

ARIS, R. (2006). *Maintenace Factors in Buildings Design,* Tese de Mestrado em Manutenção da Construção, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Técnica da Malásia;

ASHFORD, J. (1995). *The Management of Quality in Construction,* Nova Iorque: Edições E.&F.N. Spon;

ASSIS, R. (2004). *Apoio à Decisão em Gestão da Manutenção, Fiabilidade e Manutenibilidade, Lisboa:* Lidel Edições Técnicas;

ASTM E1700 (2005a). *Standard Classification for Serviceability of an Office Facility for Structure Building Envelope*, Filadélfia: Edição American Society for Testing Materials;

ASTM E1671 (2005b). *Standard Classification for Serviceability of an Office Facility for Cleanliness*, Filadélfia: Edição American Society for Testing Materials;

B

BALARAS, C., et al. (2005). *Service Life of Buildings Elements and Installations in European Apartments*, International Conference on Durability of Building Materials and Components, Lyon;

BARBOSA, S. (2009). Planeamento da Manutenção em Elementos *de Construção*, Lyon: 10DBMC, The International Congresses on Durability of Building Materials and Components;

BENEVENTO, C. (2009). *Análise de Eficiência de Fachadas Revestidas em Vidro. Torre de São Paulo, Complexo JK,* Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo;

BLP, Building Life Plan (2001). *Building Service Component Life Manual*, 1º Edição, Oxford: Edições Blackwell Science;

BOURKE, K.; **DAVIES,** H. (1997). *Factores Affecting Service Life Predictions of Buildings: a discussion paper,* Laboratory Report, United Kingdom: Edição Building Research Establishment;

BRAND, S. (1994). *How Buildings Learn. What happens after they're built,* 1º Edição, Great Britain: Edição Phoenix Illustrated;

BRAZ, A. (2003). *Estruturas Envidraçadas de Alumínio para Edifícios. Da Garantia da Qualidade de Fachadas Leves em Portugal,* Lisboa: Edições LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil;

BRAZ, A. (2012). *Tecnologia da Aplicação de Chapa de Vidro em Edifícios,* 4º Edição, Lisboa: Edições LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil;

BRANCO, F. (2010). *Revisão do REGEU – O novo RGE – Planos de Manutenção e Inspecção de Edifícios, Curso FUNDEC,* Instituto Superior Técnico, Lisboa;

BRE, Construction Division (2003). *Estimation of the Need to Spend on Maintenance and Management in Local Authority Housing Stock*, Londres: Edições Queen's Printer and Controller of Her Majesty's Stationery Office;

BRITO, M. (1993). *Modelo de Garantia e Gestão da Qualidade Aplicável às Práticas de Projecto de Arquitectura,* Tese de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa;

BRITO, J.; **BRANCO**, F. (2001)**.** *Manutenção Pró-activa de Obras de Arte*, Revista Ingenium, 2a Série, n.o 57, Ordem dos Engenheiros;

BRITO, J. (2001). *Vida Útil das Construções e sua Previsão*, Apontamentos da disciplina de Patologia e Reabilitação na Construção, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa;

BS 7543, British Standard (1992). BS 7543:1992 - Guide to Durability of Buildings and Building Elements, Products and Components, Londres: Edição British Standards Institution;

BSI 8210, British Standard (1986). *BS 8210:1986 . Guide to Building Maintenance Management,* Londres: Edição British Standards Institution;

BSI 3811, British Standard (1984). *BS 3811:1984. Glossary of Maintenance Management Terms in T*echnology, Londres: Edição British Standards Institution;

C

CABRAL, J. (2009). *Gestão da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios*, 1º Edição, Lisboa: Lidel Edições Técnicas;

CALEJO, R. (2001). *Gestão de Edifícios: Modelo de Simulação Técnico-Económica,* Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto;

CHAMOSA, J. ; **ORTIZ,** J. (1984). *Patologia de la Construccion em Espana: Aproximacion Estadística,* Informes de la Construccion, Volume 36, nº 364, Madrid;

CHANTER, B.; **SWALLOW**, P. (2007). *Building Maintenance Management,* 2º Edição, Oxford: Edição Blackweel Publishing;

CHONG, W. (2006). *Latent Building Defects: Causes and Design Strategies to Prevent Them,* Journal of Performance of Constructed Facilities;

CIB W80 (2001). *Systematic Methodology for Service Life. Prediction of Building Materials and Components,* Journal of Performance of Constructed Facilities;

CIRIA, *Construction Insdustry Research and Indormation Association (1988).* A Client's Guide to Quality Assurance in Construction, Londres: Edições CIRIA;

CNUDDE, M. (1991). *Management, Quality and Economics in Building*, Londres: Edição E&F Spon;

CÓIAS, V. (2004). *Guia Prático para a Conservação de Imóveis, Lisboa: Edições Dom Quixote, Secretariado Estado da Habitação;*

CÓIAS, V.; **SOARES**, I. (2003). *A Revisão dos Projectos como Forma de Reduzir os Custos da Construção e os Encargos da Manutenção de Edifícios*, 3º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios, Lisboa: Edições LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil;

CORNICK, T. (1991). *Quality Management for Building Design,* 1º edição, Londres: Edições Butterworth Architecture;

CORVACHO, M. (2000). *Durabilidade da Construção: Metodologia do Projecto para a Durabilidade - Planeamento da Vida Útil de um Edifício*, textos de apoio à disciplina de Patologia e Reabilitação na Construção, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto;

COSTA, J. (1995). *Métodos de Avaliação da Qualidade de Projectos de Edifícios de Habitação*, Tese de Douturamento em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto;

COSTA, J. (1999). *Materiais de Construção. Seu Controlo e Aplicação em Obra,* 5º Edição, Lisboa: Edições LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil;

CRISTÓVÃO, L. (2011). *Análise de Estratégias de Manutenção Correctiva e Preventiva : o caso das portagem da Brisa,* Tese de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa;

CSA S478-95 (2001). *Guideline on durability in buildings,* Canadian Standsards Association;

CSCAE, Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España (1999). *Manual de Mantenimiento de Edifícios,* El Libro del Técnico Mantenedor*,* Madrid;

CSOPT (2004). *RGE - Regulamento Geral das Edificações Urbanas*, Portaria n.º 62/2003, Despacho n.º5493/2003, Projecto de Revisão do RGEU, Lisboa: Subcomissão para a revisão do RGEU;

D

DAVIES, G.; **SZIGETI**, F. (1999). *Are Facilities Measuring Up? Matching Building Capacities to Funcional Needs*, Vancouver: 8DBMC, The International Congresses on Durability of Building Materials and Components;

DHILION, B. (2002). *Engenieering Maintenance: A Modern Approch,* Londres; Edição CRC Press;

E

EN 13306 (2010). *Maintenance Terminology,* Bruxelas: Edições CEN, Comité Européen de Normalisation;

EUROCONSTRUCT (2012), acedido a 11 de Junho em: http://www.euroconstruct.org;

F

FALORCA, J. (2004). *Modelo para o Plano de Inspecção e Manutenção em Edifícios Correntes, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil*, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra;

FARINHA, J. (1997). *Manutenção das Instalações e Equipamentos Hospitalares*, Lisboa: Edições Minerva;

FERNÁNDEZ, J. (2010). *Conceptos Fundamentales sobre el Mantenimiento de Edifícios*, acedido a 21 de Dezembro em: http://www.empaimatanzas.c.cu/revista%20empai/revista3/articulo4.htm;

FERREIRA, L. (2002). *A importância de Atingir Níveis Elevados de Disponibilidade e Segurança em Sistemas Complexos*, 7º Congresso de Manutenção da APMI;

FERREIRA, A. (2007). *Implementação de uma Política de Manutenção e Reabilitação em Portugal,* Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa;

FERREIRA, R. (2009). *Metodologia de Manutenção de Edifícios. Revestimento de Pavimentos Interiores Cerâmicos,* Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto;

FLORES-COLEN, I. (2002). *Estratégias de Manutenção. Elementos da Envolvente de Edifícios Correntes*, Tese de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa;

FLORES-COLEN, I. (2003). *A Manutenção Periódica de Edifícios,* Lisboa: Edição Planeta CAD Estudo, Companhia de Arquitectura e Design;

FLORES-COLEN, I. (2009). *Metodologia de Avaliação do desempenho em Serviço de Fachadas Rebocadas na Óptica da Manutenção Preditiva*, Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa;

FLORES-COLEN, I.; **BRITO**, J. (2002). *Estratégias de Manutenção em Fachadas de Edifícios*, Engenharia Civil, No. 13, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa;

FLORES-COLEN, I.; **BRITO**, J. (2004). *Erros na Utilização e Manutenção de Edifícios*, Construção 2004, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto;

FRANCO, L.; **NOVAES**, C. (1997). *Directrizes para Garantia da Qualidade do Projecto na Produção de Edifícios Habitacionais,* Boletim Técnico, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo;

FREITAS, V. (2003). *Patologia da Construção. Um Catálogo*. *Aprendendo com os erros e defeitos da construção*, 2º Simpósio Internacional sobre Patologia, Durabilidade e Reabilitação de Edifícios, Lisboa: Edições LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil;

FREITAS, V. (2008). *Patologia e Reabilitação de Edifícios*, 2º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, Porto: Edições PATORREB, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto;

G

GAMA, V. (2005). *Recomendações para a Concepção Arquitectónica da Envolvente dos Edifícios na Perspectiva da Durabilidade*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.

GASPAR, P. (2002). *Metodologia para o Cálculo da Durabilidade de Rebocos Exteriores Correntes*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa;

GASPAR, P. (2008). *Vida Útil das Construções: Desenvolvimento de uma metodologia para a estimativa da durabilidade de elementos da construção. Aplicação a rebocos de edifícios correntes*, Dissertação de Doutoramento em Arquitectura, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa;

GASPAR, P. (2009). *Vida Útil das Construções. Desenvolvimento de uma metodologia para a estimativa da durabilidade de elementos da construção. Aplicação a rebocos correntes*, Tese de Doutoramento em Ciências da Engenharia, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa;

GASPAR, P.; **BRITO**, J. (2003a). *O Ciclo de Vida das Construções – Parte I. Critérios de Análise*, Revista Arquitectura e Vida, No. 42;

GASPAR, P.; **BRITO**, J. (2003b). *O Ciclo de Vida das Construções – Parte II. Vida Útil Funcional* , Revista Arquitectura e Vida, No. 43;

GASPAR, P.; **BRITO**, J. (2003c). *O Ciclo de Vida das Construções – Parte III. Vida Útil Física* , Revista Arquitectura e Vida, No. 44;

GASPAR, P.; **BRITO**, J. (2003d). *Service Life Prediction: Identifying Independent Durability Factors*, Proceedings of the Second International Symposium for Integrated Lift-time Engineering of Buildings and Civil Infrastructures, Helsinquia: Edições ILCDES Kuopio;

GASPAR, P.; **BRITO**, J. (2004). *O Ciclo de Vida das Construções – Parte IV. Vida Útil Económica* , Revista Arquitectura e Vida, No. 45;

GASPAR, P. e **SANTOS**, A. (2003). *Patologias em Construções Recentes. Estudo de casos*, 1.º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, Porto: Edições PATORREB, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto;

GOOGLE MAPS (2012)), acedido a 10 de Setembro de 2012 em: www. maps.google.pt;

GOMES, J. (1992). Metodologia para a Manutenção *e Exploração de Edifícios. Aplicação a um caso concreto*, Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa;

GONÇALEZ, J. (1994). *Situações de Não Qualidade (projectos e obras). Contribuição para o estabelecimento de bases de apoio à sua análise e controlo,* Tese de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa;

GRAY, C.; **HUGHES**, W., *Building (2001). Design Management,* 1º Edição, Oxford: Edições Butterworth Heinemann;

GUARDIAN SUNGUARD (2012). *Built with Light*, acedido a 20 de Setembro em: www.sunguardglass.com;

H

HALLBERG, D. (2009). *System for Predictive Life Cycle Management of Buildings and Infrastructures,* Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Centre for Built Environment, Royal Institute of Tecnology, University of Gavle;

HAPPIO, A.; **VIITANIEMI,** P. (2008). *How wormanship should be taken into acount in service life planning,* Istambul: 11DBMC, The International Congresses on Durability of Building Materials and Components;

HED, G. (1999). Service Life Planning of Building Components. *Durability of Building Materials and Components ,* Ottawa: Edições Institute for Research in Construction;

HENRIQUES, F. (2001)**.** *A Noção da Qualidade em Edifícios*, Construção 2001, Lisboa: Edições Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

HOVDE, P. (2002). *The Factor Method for Service Life Prediction from Theoretical Evaluation to Practical Implementation,* Brisbane: 9DBMC, The International Congresses on Durability of Building Materials and Components;

HOVDE, P. (2004). *Factor Methods for Service Life Prediction*. *Service Life Methodologies Prediction of Service Life for Buildings and Components*, Norway: Edições Trondheim;

I

ISELIN, D.; **LEMER**, A. (1993). *The Fourth Dimension in Building: Strategies for Minimizing Obsolescence*, National Research Council, Building Research Board, Washington: Edições National Acadamy Press;

ISQ, Instituto Português de Qualidade (2012), acedido a 5 de Maio de 2012 em: http://www.ipq.pt/customPage.aspx?modid=916&pagID=1650;

ISO 15686-1 (2011). *Buildings and Constructed Asset. Service Life Planning. Part 1: General Principles and Framework,* Geneva: Edições International Organization for Standardization;

ISO 9000 (2005). *Quality Management systems – Fundamentals and Vocabulary,* Geneva: Edições International Organization for Standardization;

J

JERNBERG, P. (1999). *Overview and Notional Concepts onPperformance and Service Life*, Vancouver: 8DBMC, The International Congresses on Durability of Building Materials and Components;

JÚNIOR, F. (2007). *Metodologia para estimar a vida útil de elementos construtivos, baseada no método dos factores,* Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernanbuco, Brasil;

L

LUCAS, J. (1985). *Tecnologias de Revestimentos em Edifícios*, Lisboa: Edições LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil;

M

MARDAGA, P. (1989). *Du projet au chantier: conditions de travail, qualité, performences economiques*, Liège: Edições Fundation Européenne pour L'Amelioration des Conditiond de Vie et de Travail;

MADUREIRA, S. (2011). *Plano e Manual de Inspecção e Manutenção de Fachadas de Edifícios Correntes,* Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa;

MATEUS, R. (2004). *Novas tecnologias construtivas com Vista à sustentabilidade da construção,* Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga;

MATOS, M. (2010). *Durabilidade como critério de projecto. O método factorial no contexto português*, Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.

MAURÍCIO, F. (2011). *Aplicação de Ferramentas de Facility Management à Manutenção Técnica de Edifícios de Serviços,* Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa;

MESENGUER, A. (1992). *Controle e Garantia da Qualidade na Construção,* São Paulo: Edições Sinduscon-SP;

MILLS, E. (1994). *Building Maintenance & Preservation. A guide to design and management,* 2º Edição, Londres: Edições Architectural Press;

MOURA, R. (2005). *Fachadas em Vidro Agrafado*, Monografia 10º Mestrado em Construções Cívis, Tecnologias das Fachadas, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto;

MUNARI,(1981). *Das Coisas Nascem Coisas.* Lisboa: Edições Arte e Comunicação;

N

NAVARRA (2012). Acedido a 15 de Outubro em: http://www.navarraaluminio.com;

NBR 5674 (1999). *Manutenção de Edificações,* Rio de Janeiro: Edições ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas;

NBR 15575 (2007). *Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Desempenho,* Rio de Janeiro: Edições ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas;

NIJSSE, R. (2003). *Glass in Structures,* Basel: Edições Birkhauser;

NUS, National University os Singapure. Maintainability of Buildings, acedido a 5 de Setembro de 2012: http://www.hpbc.bdg.nus.edu.sg

O

OLA, Office of the Legislative Auditor (2000). *Preventive Maintenance for Local Government Buildings. A best Practices Review,* Minnesota;

OLIN, H.**,** et al.(1995). *Construction: Principles, Materials and Methods,* 6º Edição, U.S.A: Edições Van Nostrand Reinhold;

P

PAIVA, V. (2002). *Enquadramento legal da actividade e conservação e reabilitação de edifícios recentes,* Lisboa: Edições LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil;

PAULO, P. (2009). *A Buildings Management System (Buildingslife). Application of deterministic and stochastic models with genetic algorithms to building façades,* Tese de Doutoramento em Engenharia Cívil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa;

PICCHI, F. (1993). *Sistemas de Qualidade: uso em empresas de construção de edifícios,* Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo;

PINTO, V. (1994). *Gestão da Manutenção,* Lisboa: Edições IAPMEI, Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e ao Investimento;

POIRAZIS, H. (2006). *Double Skin Façades: A Literature Review*, Lund: Edição Division of Energy and Building Design Department of Construction and Architecture, Lund Institute of Technology

R

RANSOM, W. (1990). *Building Failures, Diagnosis and Avoidance*, 2º Edição, Cambridge: Edições E&FN Spon;

RAVARA, A., et al. (2000). *Qualidade na Construção, Lisboa: Edições Ingenium;*

RESENDE, M. (2004). *Manutenção preventiva de revestimentos de fachada de edifícios: limpeza de revestimentos cerâmicos,* Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo;

ROBERTSEN, E.(1999). *Design for Durability – a practical approch,* Narvik: Edição Department of Building Science, Narvik Institute of Technology;

RODRIGUES, P. (2007). *Sistemas e interfaces em edifícios, caracterização e método de controlo de projectos para habitação colectiva*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa, Universidade de Lisboa.

RODRIGUES, F. (2009). *Avaliação da qualidade dos edifícios de habitação após ocupação em Portugal: Uma proposta*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real;

RGE (2003). *Regime Geral das Edificações, Projecto de Decreto-Lei* para a revisão do Regulamento Geral das Edificações Urbanas, Portaria nº 62/2003 de 16 de Janeiro, Despacho nº 5493/2003 de 27 de Fevereiro;

RGEU (1951), *Regulamento Geral das Edificações Urbanas,* Decreto-Lei nº 38 382 de 7 de Agosto de 1951;

RIPPER, T.; **SOUSA,** V. (1998). *Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto,* 1º Edição, São Paulo: Edições PINI;

RICS, Royal Institution of Chertered Surveyors (2012). Acedido a 20 de Maio em: http://www.rics.org/uk;

S

SÁ, A. (2005). *Durabilidade de cimentos cola em revestimentos cerâmicos aderentes a fachadas*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto;

SANCHES, I.; **FABRÍCIO**, M. (2008). *Projecto para Manutenção,* Publicação VIII Workshop Gestão de Projectos na Construção de Edifícios;

SAINT GOBAIN (2000). *Manual do Vidro*, Lisboa: Edição Saint Gobain;

SAINT GOBAIN (2012). Acedido a 6 de Outubro em: http://pt.saint-gobain-glass.com;

SANTOS, A. (2000). *Edifícios de Escritórios em Lisboa: Um contributo para o estado da sua história*, Trabalho de síntese para as provas de aptidão pedagógica, Faculdade de Arquitectura, Universidade Técnica de Lisboa;

SANTOS, L. (2005). *Fachadas de Alumínio. Como alcançar um desempenho eficiente*, São Paulo: Edições Contramarco e Companhia;

SANTOS, F. (2006). *Parecer da Ordem dos Engenheiros sobre o projecto de revisão do RGE datado de Maio de 2006, Lisboa: Edição* Ordem dos Engenheiros;

SAPA (2012). Acedido a 15 de Outubro em: http://www.sapagroup.com;

SHOHET, J., et al. (1999). *Deterioration Patterns for Maintenance Management. A Methodological Approach: Durability of Building Materials and Components,* Ottawa: Edições Institute for Research in Construction;

SILVA, S. (2000). *Planos Gerais de Garantia da Qualidade de Empreendimentos da Construção. Contributo para a sua elaboração,* Tese de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa;

SILVA, S. (2011a). *A Gestão da actividade de manutenção em edifícios públicos. Modelo e definição de estratégias para uma intervenção sustentável*, Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa;

SILVA, J. (2011b). *Vidas úteis em elementos da construção de edifícios habitacionais – sistemas de envelope e interior,* Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa;

SILVA, A. (2009). *Previsão da Vida Útil de Revestimentos de Pedra Natural de Paredes*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa;

SILVA, V.; **SOARES**, I. (2003). *A Revisão dos Projectos como Forma de Reduzir os Custos da Construção e os Encargos da Manutenção de Edifícios.* Acedido a 10 de Março de 2012 em: http://www.oz-diagnostico.pt/_pt/brochuras/C_05.pdf;

SOUSA, M. (2004). *Patologia da Construção. Elaboração de um Catálogo,* Tese de Mestrado em Construção de Edifícios, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto;

SOUSA, R. (2008). *Previsão da vida útil dos revestimentos cerâmicos aderentes em fachada*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa;

STAIB, S. (1999). *Glass Construction Manual, Berlim: Edições Birkhauser;*

T

TAVARES, A. (2009). *Gestão de Edifícios. Informação Comportamental, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil*, Espacialização em Construções Civis, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto;

TAKATA, S., et al. (2004). *Maintenance:* Changing Role in Life Cycle Management, CIRP Annasls, Manufacturing Technology;

TECHNAL (2012). Acedido a 10 de Setembro de 2012 em: http://www.technal.pt

THÓMAS, R. (2005). *Environmental Design. An Introductionn for Architects and Engineers,* 3º Edição, Londres: Edições Taylor & Francis;

V

VANNI, C. (1999). *Análise de falhas aplicadas à compatibilidade de projectos na construção de edifícios,* Tese de Mestrado em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais;

W

WISEMAN, A. (1997). *Durability Guidelines for Building Wall Envelope,* Ottawa: Edições Technology an Environmental Services;

WURM, J. (2007). *Glass Structures. Design and Construction of Self-Supporting Skins,* Basel: Edições Birkhauser Verlag;

WYATT, D. (1999). *Building Pathology: Principles and Practice,* Oxford: Edições Blackweel Science;

ANEXOS

ANEXO 1 - FICHA CASO DE ESTUDO

Mestrado em Construção e Reabilitação 2011/2012

Métodos em projeto de arquitetura para minimizar as operações de manutenção
Estudo ao nível das fachadas em vidro

CASO DE ESTUDO

nº ☐

Data da visita _____

Identificação edifício _____

Localização _____

Autor do projecto _____

Tipo de Edifício Habitação ☐ Comércio ☐ Serviços ☐

Data de Conclusão da obra _____ Idade _____

Área Bruta _____ m^2

nº de pisos acima do solo ☐

nº de pisos abaixo do solo ☐

nº total de pisos ☐

nº pisos de estacionamento ☐

Habitação ☐
nº de fogos ☐

Comércio ☐
nº de lojas ☐

Serviços ☐
nº de espaços ☐

Orientação Solar

Fachada principal _____

Fachada 2 _____

Fachada 3 _____

Fachada 4 _____

1

Tipo de fachada Dupla ☐ Cortina ☐

Outra ☐

Tipo de vidro Lâminado ☐ Temperado ☐ Ambos ☐

Simples ☐ Duplo ☐

A gestão da manutenção do edifício são preocupações actuais da organização?

Sim ☐ Não ☐

Que estratégias de manutenção são utilizadas?

Planeada ☐ Preditiva ☐

Reactiva ☐ Outra ☐ Combinação ☐

Quais?

Foram executados, após a construção do edifício, trabalhos de melhoramento ao nível das fachadas?

Com que periodicidade são executadas as inspecções gerais ao edifício?

Semestralmente ☐ 2 em 2 anos ☐

Anualmente ☐ Outra ☐ Qual?

Com que periodicidade são executadas as operações de manutenção nas fachadas?
(reparações localizadas, renovação)

Semestralmente ☐ 2 em 2 anos ☐

Anualmente ☐ Outra ☐ Qual?

Com que periodicidade são executadas as operações de limpeza nas fachadas?

Semestralmente ☐ 2 em 2 anos ☐

Anualmente ☐ Outra ☐ Qual?

Quais as anomalias já verificadas?

Corrosão ou deterioração do metal ☐
Problemas ao nível da selagem das juntas ☐
Condensação interior ☐
Falhas nas unidades de isolamento ☐
Rotura do vidro ☐
Danos Macroscópicos (riscos ou entalhes) ☐
Micro-fissuras ☐
Problemas ao nível da Drenagem/ Infilração ☐
Falhas da fixação estrutural ☐
Escorrimentos ☐
Outra ☐

2

Como é feito o acesso para a manutenção das fachadas?

- Bailéu suspenso móvel ☐
- Bailéu com carril na cobertura ☐
- Bailéu fixo ☐
- Bailéu com contrapeso ☐
- Robô sistema mono-carril ☐
- Alpinista ☐
- Escadas móveis ☐
- Pontos de fixação de "linha de vida" ☐
- Andaime ☐
- Carro com plataforma de acesso ☐

3

ANEXO 2 - FICHA DE ANOMALIAS E AGENTES DE DEGRADAÇÃO

Mestrado em Construção e Reabilitação 2011/2012

Métodos em projeto de arquitetura para minimizar as operações de manutenção
Estudo ao nível das fachadas em vidro

ANOMALIAS

nº ☐

Data da visita _____

Identificação edifício _____

Localização da anomalia _____

Tipo de anomalia _____

Descrição _____

Causas prováveis _____

Recomendações _____

AGENTES DE DEGRADAÇÃO

Água / Humidade ☐

Radiação Solar ☐

Temperatura ☐

Contaminadores no ar ☐

Incompatibilidades químicas ☐

Outros ☐
Quais?

ANEXO 3 – QUADRO SÍNTESE ANÁLISE CASOS DE ESTUDO

Quadro A1 – Quadro síntese análise casos de estudo

EDIFÍCIO / ANÁLISE	ESTORIL SOL RESIDENCE	CASINO DE LISBOA	TORRE NORTE IST	EDIFÍCIO SEDE NOVABASE	EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS GREEN PARK	EDIFÍCIO PT PRO	EDIFÍCIO IMPALA
Tipo de edifício	habitação	serviços	serviços	escritórios	escritórios	escritórios	escritórios
Data de conclusão da obra	2010	2006	1995	2006	1998	1995	1996
Idade (anos)	2	6	17	6	14	17	16
Tipo de fachada	vidro duplo fixações integradas	cortina (VEA, VEC) e ventilada	cortina (VEC)	cortina (VEC)	cortina (VEC)	cortina (VEP)	vidro duplo fixações integradas
Tipo de vidro	temperado e laminado	laminado	temperado e laminado	temperado	temperado e laminado	temperado e laminado	laminado
Estratégias de Manutenção	planeada e reativa	reativa	planeada e reativa	planeada e reativa	planeada e reativa	planeada	planeada e reativa
Periodicidade inpecções ao edifício	semestralmente	semestralmente	semestralmente	não aplicado	semestralmente	diáriamente / 2 em 2 anos	anualmente
Periodicidade manutenção fachadas	não aplicado	não aplicado	não aplicado	não aplicado	não aplicado	quinquenal	não aplicado
Periodicidade limpeza fachadas	2 em 2 meses	semestralmente	semestralmente	semestralmente	semestralmente	semestralmente	semestralmente
Acesso para manutenção fachadas	alpinistas	carro com plataforma elevatória	bailéu com caril	bailéu suspenso móvel e bailéu com caril	bailéu suspenso móvel e com caril, alpinistas e escadas móveis	bailéu suspenso móvel e alpinistas	alpinistas